PRIMAVESI

A MODERNA AGRICULTURA INTENSIVA

VOL. I

A Biocenose do Solo na Produção Vegetal

A MODERNA AGRICULTURA INTENSIVA

VOL. I.

A BIOCENOSE DO SOLO

NA PRODUÇÃO VEGETAL

por

ARTUR PRIMAVESI

Engenheiro Agrônomo e Doutor em Agronomia, Professor de Agricultura Geral, Diretor do Instituto de Solos e Culturas, Universidade de Santa Maria, RGS, Brasil

e

ANNA MARIA PRIMAVESI

Engenheira Agrônoma e Doutôra em Agronomia, Assistente da Cadeira de Agricultura Geral, Coordenadora-Geral do Instituto de Solos e Culturas, Universidade de Santa Maria, RGS, Brasil

Nossa homenagem especial

ao Exmo. Sr. PROF. DR. RAYMUNDO MONIZ DE ARAGÃO. Catedrático da Escola Nacional de Química, e Diretor do Ensino Superior, no Ministério da Educação e Cultura, CUJA PERSONALIDADE EMINENTE ENCARNA O IDEAL DO CIENTISTA E DO PROFESSOR, cônscio de suas responsabilidades no processo do desenvolvimento científico e tecnológico do país.

Apraz-nos lembrar aquelas palavras do Prof. Frank Tiller, citadas por Sua Exa.:
«o estupendo progresso norte-americano verificado nos últimos cem anos, não se pode atribuir aos investimentos convencionais ou aos aumentos de população e território; antes deve ser referido ao magnífico esfôrço, realizado nos campos da educação e da pesquisa científica.»

Neste espírito, tributamos aqui à Sua Exa. o nosso preito de admiração e aprêço.

PREFÁCIO

"Êste primeiro volume da obra do Professor Artur Primavesi, **A Moderna Agricultura Intensiva**, a que o autor emprestou o sugestivo título de "Biocenose do Solo" formula, discute e aplica por maneira a um tempo lúcida e apaixonada o conceito segundo o qual, o solo não é um suporte estático da raíz, mas a expressão dinâmica resultante da interação de múltiplos fatôres — raízes, componentes minerais, microorganismos, metazoários, etc., que não só atuam ao mesmo tempo, mas se influenciam mùtuamente.

Apaixonado, na intenção em que usamos o têrmo, não indica o ânimo despropositado ou a intenção de fazer prevalecer a opinião a qualquer preço; antes, traduz o entusiasmo pelo que, em sadia convicção, representa uma boa doutrina, conforme a verdade e de útil aplicação.

É o sentimento do "homem ligado à terra", que se fêz estudioso de seus problemas, e qúe o leva a fazer éco e sustentar o aforismo menos prático, mas inteiramente verdadeiro, de que a "Agricultura não é uma profissão, é um assunto de amor". E que o arrasta aos limites do exagêro, na construção do **símile** expressivo, pôsto arriscado: "O solo ... é um organismo vivo cujo esqueleto é a parte mineral, cujos órgãos são os micróbios que ali vivem e cujo sangue é a solução aquosa que ali circula. Respira como qualquer organismo vivo e possui sua temperatura própria".

Entretanto, as opiniões são expostas com estrita probidade e cimentadas em válidas noções científicas, à luz de abundante a atualizada bibliografia.

Não classificaríamos o volume como um livro de texto. Ainda que escrito em linguagem simples e acessível, joga com noções que presupõem conhecimento de várias disciplinas, por forma que, **trabalho de síntese**, é antes para quem arremata, integra e compõe conhecimentos, do que para principiante das ciências e artes agrícolas.

Mas é livro, pensamos, que nenhum agrônomo, neste país, com responsabilidades na utilização ou tratamento de solos para a agricultura, deveria deixar de ler. Nestes Brasis, em que o solo tem sido tratado como objeto de exploração egoísta, irracional e oportunista, e sem vistas à preservação de sua perene fertilidade, êle tem muito a ensinar. Como seja, é uma clarinada a convocar para a mudança da prática da agricultura extensiva, espoliadora e cigana, para a que chamaríamos **agricultura conservadora**, atenta não sòmente à produção e à produtividade, mas à preservação e defesa do elemento básico para produzir: o solo fértil.

E como as ações começam quando as idéias implantam-se no espírito dos homens, fazemos votos para que êste livro, obra de amor à terra, tenha incontáveis leitores.

Rio de Janeiro, março de 1966

Raimundo Moniz de Aragão
Professor de Microbiologia Industrial da
Escola Nacional de Química
Diretor do Ensino Superior.

Agradecemos sinceramente a todos que nos prestaram a sua gentil colaboração.

PREFACE

Je n'ai point l'honneur de connaître personnellement Monsieur le Professeur PRIMAVESI, mais mon attention avait été déjà attirée depuis longtemps sur ses travaux et sur le caractère original de certaines de ses conceptions. J'avais été frappé par sa conviction que l'étude des déficiences minérales des végétaux pourrait nous apporter de précieux enseignements pour les néoplasmes. Toutes ses considérations sur le rôle possible du bore et du cuivre dans l'apparition de la cellule cancéreuse m'avaient particulièrement intéressé.

Aussi, est-ce avec plaisir que j'écris la préface de son livre :

"A Biocenose do Solo na Produção Vegetal"

que je traduirais en français par :

"Les associations biotiques du sol et leur importance pour la production végétale."

Mon manque de connaissance du portugais ne m'a pas permis de lire le texte original complet du livre; mais les très larges traductions qui m'ont été fournies me permettent de considérer que nous y retrouvons les conceptions nouvelles qui caractérisent l'oeuvre de Monsieur le Professeur PRIMAVESI.

Il souligne un point trop oublié, surtout depuis l'introduction des hydroponics : le sol n'est pas pour la plante une base morte, mais il représente un organisme en continuelle évolution. Il rappelle que nos méthodes culturales ne doivent pas modifier dangereusement, ou même pire, détruire les équilibres du sol. Aussi souligne-t-il l'importance de l'engrais organique et minéral, rappelant que ces engrais doivent améliorer les équilibres du sol, et non pas leur nuire. Or, notre Agriculture Moderne a souvent négligé ces principes, surtout dans l'application des engrais minéraux qui sont notre meilleur outil pour augmenter le rendement des récoltes, mais qui, trop souvent, sont encore mal appliqués, nuisant ainsi à la santé des sols et par suite à celle des plantes, des animaux et des hommes.

Un aspect particulièrement intéressant du livre se rattache à ces considérations et concerne les maladies des plantes en corrélation avec les équilibres du sol. C'est un sujet qu'on trouve rarement traité dans les ouvrages agronomiques, et nous ne pouvons que nous réjouir de voir l'auteur accorder une large place à cette question.

Ce livre fait honneur à la jeune Science Brésilienne et nous ne pouvons que souhaiter qu'il soit connu en dehors des frontières du Brésil.

A. VOISIN

Membre de l'Académie d'Agriculture de France
Docteur Honoris Causa de l'Université de BONN
(Allemagne).

Gruchet, Jule, 1964.

PREFÁCIO

Não tive ainda a honra de conhecer pessoalmente o Senhor Professor PRIMAVESI, mas, há muito tempo, seus trabalhos têm atraído a minha atenção, sobretudo o caráter original de algumas de suas concepções. Tem-me impressionado vivamente sua convicção de que o estudo das deficiências minerais nos vegetais poderia nos trazer preciosos ensinamentos sôbre as neoplasias. Particularmente, me interessaram tôdas as suas considerações sôbre o papel do boro e do cobre no aparecimento da célula cancerosa.

Por isso, é com prazer que escrevo o prefácio de seu livro :

"A Biocenose do Solo na Produção Vegetal"
que eu traduziria para o francês como :

"Les associations biotiques du sol et leur importance pour la production végétale".

Minha falta de conhecimentos de português não me permitem ler o texto original completo do livro; mas as amplas traduções que me foram fornecidas, me permitem considerar que ali encontramos as concepções novas que caracterizam a obra do Senhor Professor PRIMAVESI.

Êle ressalta um ponto muito esquecido, sobretudo depois da introdução de hidroculturas : o solo não é para a planta uma base morta, mas representa um organismo em contínua evolução. Êle lembra que nossos métodos culturais não devem modificar perigosamente, ou o que seria pior, destruir o equilíbrio do solo. Também ressalta êle a importância do adubo orgânico e mineral, lembrando que êstes devem melhorar o equilíbrio do solo, e não sòmente o nutrir. Ora, nossa Agricultura Moderna negligencia êstes princípios, sobretudo na aplicação dos adubos minerais que são nosso melhor instrumento para aumentar o rendimento das safras, mas que, todos sabem, são hoje mal aplicados, prejudicando, assim, a saúde dos solos e, por sua vez, a das plantas, animais e homens.

Um aspecto particularmente interessante do livro prende-se as suas considerações, no que concerne as doenças vegetais em correlação com o equilíbrio do solo. É um tema que raramente encontramos tratado em obras agronômicas, e só podemos nos regozijar de ver o autor dedicar um largo espaço a esta questão.

Êste livro honra a nova Ciência Brasileira e tão sòmente podemos desejar que seja conhecido muito além das fronteiras do Brasil.

A. VOISIN

Membro da Academia de Agricultura da França

Gruchet, Julho de 1964.

Vorwort

An der Oberfläche der Erde, dort wo Lithosphäre, Atmosphäre und Hydrosphäre aufeinander wirken, hat sich ein dreiphasiges, grob, fein und feinst verteiltes System entwickelt, das aus festen anorganischen und organischen Teilchen verschiedener Grössen und aus flüssigen und gasförmigen Phasen (Wasser und Luft) besteht. Das so vorwiegend unter den klimabedingten Umweltfaktoren entstehende Verwitterungsprodukt wird aber erst zum Boden, wenn ein weiterer entscheidender Faktor, der keinem Boden fehlt, die biologische Phase, hinzutritt. Das lockere Dreiphasensystem bietet verschiedenartigsten Lebewesen, höheren wie niederen Pflanzen, aber auch zahlreichen höheren wie niederen Tieren einen geeigneten Nähr — und Wohnraum. Insbesondere pflanzliche Mikroorganismen, die weit verzweigten Wurzeln höherer Pflanzen sowie grössere und kleinere Tiere durchdringen den Boden und suchen dort Wasser und Nahrung und die zu ihrer Entwicklung notwendigen Lebensbedingungen. Die mannigfaltige Tätigkeit der Bodenorganismen hat aber ihrerseits starke Rückwirkungen auf den Boden selbst. Der Boden ist nicht nur Lebensraum, vielmehr ein unter den Einfluss der verschiedensten ökologischen Faktoren stehendes System, dessen Eigenart von der von ihm beherbergten Lebensgemeinschaft der Bodenorganismen, der Bodenflora und Bodenfauna, bestimmt und immer von neuem geformt und gestaltet wird. Der Boden stellt nichts Bleibendes, sondern ein ständig Werdendes und ein Sich-weiter-entwickeltes (Bodenevolution) dar. Die Durchmischung und Lockerung der Bodenschichten durch die Bodentiere, das Vordringen der Pflanzenwurzeln in die tieferen Bodenschichten, bewirken Tiefenlockerung, Tiefendüngung und die Voraussetzung für eine Belebung dieser weniger biologisch tätigen Schichten. Der Mensch vermag mit den modernsten Maschinen eine derartige tiefgründige und sorgfältige Arbeit nicht zu leisten, so dass die biologische Bodenbearbeitung mit Recht der maschinellen Bodenbearbeitung als überlegen voranzustellen ist. Die Pflanzenwurzeln liefern in den für sie charakteristischen Rhizosphärenprodukten wie die übrigen Organismen mit ihren zahlreichen für sie ebenfalls typischen Stoffwechselprodukten physiologisch aktive Substanzen, die z.B. für die Vergesellschaftung der Pflanzen untereinander und mit Mikroorganismen, damit für Fragen der Fruchtfolge und der Bodenmüdigkeit oder für das Aneignungsvermögen der Pflanzen für Nährstoffe aus schwerlöslichen Verbindungen oder auch für bodengenetische Fragen der Bodenbildung von grosser Bedeutung sind. Die in steter Umwandlung sich befindliche postmortale organische Substanz, — der Humus — ist dynamisch aktiv. Wir fragen heute nicht mehr so sehr nach der chemischen, oft wechselnden Zusammensetzung der einzelnen Stoffe und Stoffgruppen der organischen Bodensubstanz, sondern richten unser Augenmerk auf die von ihnen ausgelösten und gesteuerten bodendynamischen und pflanzenphysiologischen Umsetzungen. Unter ihren Einfluss entsteht das physiko-chemisch-biologische, aber dynamische Bodenbild wie Bodengefüge, Krümelstruktur, Strukturstabilität, Porenvergrösserung und —verkleinerung, Schrumpfung und Quellung, Gare, Wasserhaushalt, Wassergehalt, Wasserführung, Durchlässigkeit, Nährstoffhaushalt: Nährstoffpotential, Nährstoffvorrat und Nährstoffkinetik usw. oder mit anderen Worten, Faktoren, die die Bodenfruchtbarkeit kennzeichnen.

Es ist daher besonders dankbar zu begrüssen, dass Verfasser dem vorliegenden Werk den Titel "Die Lebensgemeinschaft des Bodens und ihre Bedeutung für die pflanzliche Produktion" gegeben hat und mit einem umfassenden Überblick über das gesamte Bodenleben und seiner grossen Bedeutung für das Geschehen im Boden und die Ertragsbildung eines der aktuellsten Probleme der Bodenkunde und der landwirtschaftlichen Produktionslehre behandelt. Im Mittelpunkt der Ausführungen steht der Boden als dynamischer Organismus, dessen biologisch-dynamische Faktoren einander beeinflussen und daher die Bodenfruchtbarkeit begünstigen und erhalten oder auch hemmen können. Die Ausführungen des Verfassers sind daher von besonderem Wert, indem er zeigt, dass alle landwirtschaftlichen Massnahmen auf ihren Einfluss hinsichtlich der Lebensgemeinschaft Boden — Pflanze — Mikroorganismen kritisch geprüft werden müssen. Je fruchtbarer der Boden oder je höher sein Transformationsvermögen ist, das heisst, seine Fähigkeit, die von aussen zugeführten ertragsbildenden Faktoren in Leistung (Quantität und Qualität) zu transformieren, umso wirtschaftlicher und intensiver und mit geringerem Risiko lässt sich die moderne Landwirtschaft betreiben. Die planvolle Erforschung der **bodenaufbauenden** Massnahmen gehört zum wichtigsten Aufgabengebiet der modernen Bodenkunde. Der stete Einsatz neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse, insbesondere der hier behandelten biologischen Faktoren, wird dem Boden seine Leistungsfähigkeit erhalten, zugleich aber zu höheren und gesicherten Erträgen führen und damit der Menschheit in der ganzen Welt dienen.

F. SCHEFFER

Prof. Dr. Dr. h. c. F. Scheffer
Direktor des Agrikulturchemischen und Bodenkundlichen Institutes
Universität Göttingen
Göttingen, 18 September 1964.

APRESENTAÇÃO

Na superfície da terra, onde atuam, simultâneamente, a litosfera, a atmosfera e a hidrosfera, desenvolveu-se um sistema trifásico, de atuação geral até a especializada, composto de partículas sólidas, orgânicas e inorgânicas, dos mais diversos tamanhos, e uma fase líquida (água) e gasosa (ar).

Êste produto de intemperização, condicionado pelos fatôres climatéricos do ambiente, só se torna SOLO, quando se adiciona uma quarta fase — que não pode faltar em nenhum solo — que é a biológica.

O floculado sistema trifásico oferece o ambiente vital e a alimentação aos mais diversos sêres vivos, isto é, a macro= e microflora e a micro e mesofauna. Especialmente, microrganismos vegetais, a microflora, o bem ramificado sistema radicular de plantas e maiores e menores sêres vivos do domínio animal, populam o solo à procura de água e alimento, tão necessários ao seu sustento e desenvolvimento.

As mais variadas ações dos organismos do solo possuem efeito decisivo sôbre o próprio solo. O solo não é sòmente o espaço vital dos sêres vivos, mas um sistema dinâmico que se forma e modifica permanentemente, sob a influência dos mais diversos fatôres ecológicos e cuja particularidode é a da biocenose da meso e microfauna e da macro e microflora do solo, que sofrem permanentemente remodelação e mudança, quer dizer, sofrem permanente ambientação.

O solo não é um fator estático, definido, mas um organismo dinâmico, sempre evoluindo e se transformando. A fauna do solo revolve e mistura as camadas do mesmo, possibilitando a ramificação das raízes vegetais e o seu desenvolvimento em camadas mais profundas, o que provoca tanto o afofamento, como a fertilização dessas camadas, representando, por sua vez, a predisposição à animação das mesmas, até então biològicamente pouco ativas.

Mesmo com máquinas mais modernas, o homem não consegue executar serviços com tanto capricho em tais profundidades, de modo que os trabalhos biológicos, no campo, são absolutamente superiores a qualquer trabalho mecânico.

As raízes vegetais, como os demais organismos do solo, fornecem inúmeros produtos metabólicos, típicos à rizosfera, que são substâncias fisiològicamente ativas, da maior importância para a sociabilidade dos vegetais, e dos vegetais com microrganismos, sendo, assim, importantíssimos para a rotação das culturas.

Podem ser responsabilizados pelo cansaço do solo e pelo poder de assimilação das plantas, mesmo com relação a nutrientes em ligações de pouca solubilidade. São, igualmente, importantíssimos na gênese do solo.

O humo, esta substância orgânica "post-mortale", que se encontra em permanente transformação, é dinamicamente ativo. Hoje, não nos interessa mais a diferente composição química de matérias ou grupos de matérias da substância orgânica, mas concentramos nossa atenção nos processos de transformação genética do solo e fisiológica dos vegetais, dirigidos ou provocados por esta substância. Graças a sua influência formam-se uma estrutura físico-químico-biológica dinâmica do solo, os grumos, a estabilidade dos mesmos, as oscilações do volume poroso, contração e inchação da fração argilosa, fofice, capacidade retentora, permeabilidade, infiltração, potencial, reserva e cinética de nutrientes, etc. ou, em outras palavras, todos os fatôres que caracterizam a fertilidade do solo.

Excepcional valor tem, portanto, o título da obra dado pelo autor: "Biocenose do Solo na Produção Vegetal". Numa vista geral, trata-se a vida do solo em sua amplitude total, na sua importância relevante em todos os processos do solo e na produção agrícola; sem dúvida, o problema mais atual da ciência do solo e da ciência da produção agrícola.

Como centro das considerações encontra-se o solo, como organismo dinâmico, cujos fatôres bio-dinâmicos se influenciam mùtuamente e, portanto, podem conservar e incrementar a fertilidade do solo bem como bloqueá-la ou diminuí-la. As considerações do autor em tôrno dêstes assuntos são, pois, de valor excepcional porque mostram que todos trabalhos e métodos agrícolas têm de ser examinados criticamente, em relação a sua influência sôbre a biocenose solo-planta-microrganismo. Quanto mais fértil o solo ou quanto maior o seu poder transformativo, quer dizer, seu poder de transformar em produção fatôres fertilizantes introduzidos no solo, tanto mais econômica e intensiva será a agricultura moderna e tanto menor será o seu risco. A pesquisa sistemática de métodos recuperativos e conservacionistas do solo, pertence aos problemas mais importantes da moderna ciência do solo. O uso notório de novos conhecimentos científicos, especialmente dos fatôres biológicos aqui tratados, não sòmente conservará a fôrça produtiva do solo, mas conduzirá, também, a maiores, melhores e mais seguros rendimentos agrícolas, servindo, assim, a tôda a humanidade.

Prof. Dr. Dr. h. c. F. Scheffer F. SCHEFFER
Diretor do Instituto de Química Agrícola e Ciência do Solo
Universidade de Göttingen
Göttingen, 18 de Setembro de 1964.

ERRATA

Página	Linha	ONDE SE LÊ	LEIA-SE
3	1ª	Preface	Préface
33	15ª	saprófitas	saprozoontes
52	43ª	**Thiobacillos thioxidans**	**Thiobacillus thiooxidans**
68	13ª	**Urobacillus pasteuri**	**Urobacillus pasteurii**
74	13ª	**Thiobacter thioxidans**	**Thiobacter thiooxidans**
81	27ª	**Celulomonas**	**Cellulomonas**
	29ª	**Botritis**	**Botrytis**
84	Gráfico	tanto melhor e tanto mais intensivo	tanto melhor e tanto mais intensiva
		Agregatos	Agregados
		tanto melhor o abastecimento da planta com	tanto melhor o abastecimento da planta em
		tanto mais equilibrado e tanto melhor	tanto mais equilibrados e tanto melhores
96	Gráfico	Polipéptidos	Polipeptídios
98	13ª	**Bacilus subtilis**	**Bacillus subtilis**
	30ª	**Clostridium lentiputrescens**	**Clostridium lentoputrescens**
99	8ª	**Botritis**	**Botrytis**
102	7ª	cocos de 0,5 a 0,6'	cocos de 0,5 a 0,6 micron
	8ª	flagelo de 30 g	flagelo de 30 micron
117	Fórmulas	HO (entre ceto-ácido úrico e alantoína)	HO —
		NH (NH superior da fórmula da alantoína)	NH2
119	14ª	**Clostridium lentiputrescens**	**Clostridium lentoputrescens**
122	9ª	**Celulomonas**	**Cellulomonas**
	10ª	**Celulomonas**	**Cellulomonas**
	11ª	**Celulomonas**	**Cellulomonas**
	34ª	NH	NH3
131	29ª	**Thiobacter thioxidans**	**Thiobacter thiooxidans**
132	8ª	**Thiobacillus thioxidans**	**Thiobacillus thiooxidans**
173	8ª	fungófagas	micófagas
189	5ª	**Colulomonas**	**Cellulomonas**
191	6ª	**Bac. termofilus**	**Bac. thermophilus**

Outros lapsos e inadvertências, notadamente em pontuações e acentos, são fàcilmente compreensíveis.

«... **ERROS TIPOGRÁFICOS**...»

«A luta contra o êrro tipográfico tem algo de homérico. Durante a revisão os êrros se escondem, fazem-se positivamente invisíveis. Mas, assim que o livro sai, tornam-se visibilíssimos, verdadeiros «sacis» a nos botar a língua em tôdas as páginas. Trata-se de um verdadeiro mistério que a ciência ainda não conseguiu decifrar...»

MONTEIRO LOBATO.

ÍNDICE

CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS 7

HISTÓRICO 10

Cap. I: BIOCENOSE DO SOLO 21

Cap. II: MICRORGANISMOS DO SOLO 47

Cap. III: FONTES DE NITROGÊNIO NO SOLO 93

Cap. IV: OUTRAS FONTES DE NITROGÊNIO 115

Cap. V: TRANSFORMAÇÕES DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS NO SOLO 127

Cap. VI: A MICROVIDA E AS ATIVIDADES AGRÍCOLAS .. 141

Cap. VII: OS PATÓGENOS NO SOLO 165

Cap. VIII: A FORMAÇÃO DO ESTRUME 183

RESUMO 196

O CONCEITO DE AGRICULTURA MODERNA

O solo é um organismo vivo*(1)* e não um simples suporte, como se pensou por muito tempo. Isso modifica, obrigatòriamente, todo o nosso conceito de agricultura.

Surge, pois, a necessidade de considerar também o íntimo entrosamento de todos os processos do solo, sejam êles físicos, químicos ou biológicos. Temos de lembrar que cada técnica, indiscriminadamente empregada, provoca um desequilíbrio de muitos outros fatôres*(2)*.

O solo é uma biocenose onde há estreita dependência entre suas propriedades físicas e químicas, a microvida, a topografia, a raiz vegetal e o porte da vegetação. É um ciclo permanente onde sempre um fator depende do outro e provoca, quando modificado, a modificação dos demais. Sabemos da gênese do solo, que a sua formação depende da vegetação, e esta, por sua vez, do solo, do clima e da microvida. A microvida depende, por sua vez, da vegetação e das propriedades do solo. Foi um êrro fundamental da época analítica*(3)* querer tratar os diversos fatôres da produção isoladamente, porque sòmente no conjunto das suas relações recíprocas, apresentam-se as verdadeiras causas de muitos sintomas incompreensíveis.

A química agrícola não compreende porque a análise química não dá suficientes esclarecimentos sôbre a fertilidade do solo*(4)*. No isolamento, talvez isso nunca se descubra. Mas, se considerarmos, igualmente, tanto a estrutura do solo e a microvida, como a pressão osmótica das raízes, o caso torna-se claro e não mais se apresenta enigmático.

A técnica agrícola nunca descobrirá porque uma aração que deu resultado num solo, acarreta, em outro, um fracasso total. Procura as explicações mais difíceis, sem chegar a uma conclusão exata. Tudo porém torna-se-á fàcilmente explicável se considerarmos a estrutura do solo e os fatôres por ela responsáveis.

A agricultura especial, com as mais perfeitas técnicas de plantação e cultivo para as diversas culturas, nunca compreenderá por que, por exemplo, uma rotação de trigo-linho-milho dá piores resultados que uma monocultura de trigo. Isso explica-se, de maneira mais fácil, quando se considera a sociologia*(5)* das plantas e as recíprocas alelopatias(6), como as relações tróficas ou simbióticas — mas também antibióticas — com os microrganismos.

Todos êstes problemas serão abordados. Trataremos disso, tentando mostrar a biocenose do solo como ela é, os métodos de seu equilíbrio e os perigos de um desequilíbrio.

A agricultura extensiva desenvolveu técnicas isoladamente, convencida de que o solo fosse tão sòmente um suporte inerte. Não se conhecia, ou ao menos não se considerava, a microvida e se a considerava, julgavam-na, igualmente, um fator isolado, sem relação com os demais. ROBINSON mostrou, pela primeira vez, o íntimo entrosamento entre a raiz e a estrutura do solo e SCHEFFER, WINOGRADSKY, FRANK e RUBIN entre a raiz e os microrganismos, enquanto SEKERA, KUBIËNA e RUSSELL mostram claramente a relação entre a estrutura do solo e microrganismos. Como o homem, membro

integrante da sociedade humana, não pode ser considerado isoladamente, assim as raízes vegetais e microrganismos, como membros integrantes da biocenose, não podem ser separados.

O fracasso mundial da agricultura extensiva, ainda em vigor no Brasil, levou a humanidade à beira da fome, e criou a teoria de Smith que reza: «No mais tardar em 100 anos, o mundo será de tal maneira superpopulado que será condenado a morrer de fome». No entanto a fome lavra especialmente nos países pouco populados, isto é nos países da África, América do Sul e na Rússia, onde há uma população entre 6 a 8 habitantes por km^2, enquanto a Bélgica, com 281 habitantes por km^2 não padece fome. Isto vem provar que os métodos explorativos da agricultura extensiva contribuem muito mais para a fome mundial que a densidade demográfica.

Como métodos explorativos e predatórios temos de considerar tôdas as técnicas visando, ùnicamente, colheitas altas, em desrespeito à biocenose do solo.

Figuram entre êles:

1.) Arações profundas demais e o emprêgo de máquinas «pulverizadoras» de torrões do solo, porque são feitas sem levar em conta a vida do solo e a sua decadência. Um homem, forçando um outro, gravemente enfermo, a trabalhar, é um monstro. Um homem, obrigando um solo altamente decadente a produzir, é um criminoso.

2.) Calagens altas, provocando a saída dos últimos nutrientes do complexo de troca e empobrecendo, assim, o solo. Vai aqui a regra: «Calagens altas fazem pais ricos e filhos pobres».

3.) Adubações unilaterais com NPK, esgotando as últimas reservas nos demais 12 nutrientes vegetais, até agora conhecidos, pelo esforçado e artificial desenvolvimento vegetal.

A agricultura intensiva trabalha estritamente dentro das leis naturais, em observância permanente da biocenose do solo e do seu equilíbrio. O agricultor consciencioso sabe, que lavrando o chão, êle assume a responsabilidade por todos os processos químicos, físicos e biológicos no solo, que incentivado para uma maior produção, tem de ser igualmente tratado e cuidado com o maior zêlo. Por isso, diz-se nos países de agricultura intensiva: «Agricultura não é uma profissão, é um assunto de amor». Quem não ama o seu solo nunca saberá cuidar da sua saúde biológica, que é a base de tôda a sua fertilidade.

MEYER divide a fertilidade do solo em duas partes:

1 — A estrutura porosa do solo, com pO_2 alto e microvida equilibrada.

2 — A riqueza do solo em sais nutritivos.

Êle explica: «Do ponto de vista científico, a fertilidade do solo não pode ser compreendida como um resultado estatístico de alguns fatôres isolados, mas como função de processos dependentes e entrosados, que em sua ação coordenada, provocam um efeito definido que chamamos de fertilidade». E êle

prossegue: «Quanto maior a especialização, tanto mais longe encontram-se os resultados da realidade e tanto mais importante a grande síntese que procura interpretar os fatôres isolados em relação ao complexo geral da biocenose do solo, sendo impossível entendê-los sem aquela reposição aos seus devidos lugares».

A agricultura intensiva não trabalha o solo com fins explorativos, mas com fins conservacionistas. Todos os métodos visam, principalmente, a conservação do estado que chamamos de «fértil», sendo a alta produção agrícola uma conseqüência lógica e automática dêste estado.

BIBLIOGRAFIA

1) *BURGES, A. «Introducción a la Microbiologia del Suelo»*, 1960, Zaragoza.
GÖRBING, J. «Die Grundlagen der Gare im Praktischen Ackerbau», 1944, Hannover.
PRIMAVESI, A. «Erosão», 1952, São Paulo.
RUSSELL, E. W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
SEKERA, F. «Der gesunde und der kranke Boden», 1953, Berlin.
WAKSMAN, S. A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
2) *FRANZ, H. «Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege»*, 1950, Berlin.
3) *BRAUN, H. Zeitfragen der Baumschule, 8/9:16*, 1960, (Sonderdruck).
4) *MEYER, L. Ber. ü. Landbaut. 4:1-11*, 1948.
5) *BRAUN-BLANQUET, J. «Pflanzensoziologie»*, 1951, Wien.
6) *MOLISCH, H. citado em BRAUN, H. «Neues Wissen alte Weisheit in der Phytomedizin»*, 1955, Bonn.
FRANK, B. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 3:128, 1885.
KUBIËNA, W. «Micropedology» 1938, Ames.
Bodenk. Pflanzenern. 2:1, 1936.
ROBINSON, G. W. «Soils», 1940, London.
RUBIN, B. A. Ciencia Sov. Edit. Estado, Vol. 2: 64-65, 1956.
SCHEFFER, F. «Der Stickstoff», 1956, Berlin.
WINOGRADSKY, S. N. Ann. Inst. Pasteur, 43:549, 1929.

A BIOCENOSE do solo é a ação recíproca entre solo-planta-microvida. A ciência, que se desenvolveu depois do reconhecimento da importância dos microrganismos, tanto animais como vegetais, para a fertilidade do solo, basea-se nas três matérias fundamentais:

1 — A Microbiologia do Solo, (que trata da microflora),
2 — A Biologia do Solo (que trata da micro e mesofauna),
3 — A Sociologia Vegetal.

1 — A MICROBIOLOGIA DA TERRA

Já na Literatura Romana, e depois, de nôvo na Idade Média, encontramos referências a diminutos sêres vivos, que afetam, em vários sentidos, a nossa vida, a das plantas e a dos animais. COLUMELLA, um escritor romano, disse: «Os pântanos criam invisíveis animais que se elevam, infectam o ar e dão início às doenças humanas.»

Mais ou menos em 1861 nasceu a Microbiologia da Terra.

Foram reconhecidos três processos distintos no solo:

a) a decomposição da matéria orgânica,
b) a nitrificação,
c) a fixação de nitrogênio.

Sabia-se que o humo não era um alimento vegetal, mas um produto intermediário. Há séculos, conhecia-se o humo, mas sòmente BOUSSINGAULT relacionou-o à fertilidade do solo. Iniciaram-se então uma série de estudos que finalmente terminaram no conhecimento de processos microbianos no solo.

Já os antigos romanos conheciam o fato, que as leguminosas enriquecem o solo, mas sòmente BERTHELOT descobriu que a fixação do nitrogênio é feito por bactérias, tanto por simbiontes, como por não simbiontes.

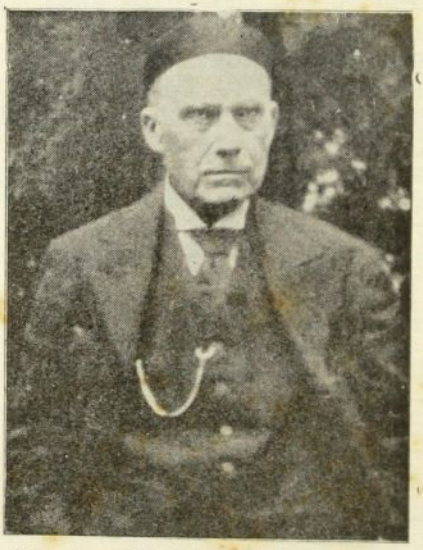


Fig. 1 — M. W. BEIJERINCK

KETTE, em 1865, chamou a atenção para o fato de que o estrume de curral nunca pode ser substituído por adubos inorgânicos minerais, mesmo se êles adicionam idênticos nutrientes, porque está faltando a êstes a «verdadeira fermentação causada por vibriões».

Seguem os trabalhos de HELLRIEGEL e WILLFARTH que se referem à atividade dos microrganismos na nitrificação do azôto elementar.

WINOGRADSKY provou que a nitrificação se dá devido à atividade de bactérias, as *Nitrobacter*, e BEIJERINCK, descobriu que a fixação de nitrogênio nos nódulos das raízes, é feita por bactérias que invadem a raiz. Conseguiu criá-las em meio artificial e chamou-as de *Rhizobacter*. Verificou porém, mais tarde, que são muitas as variedades de bactérias capazes de fixar azôto.

O russo WINOGRADSKY, é considerado o pai da Microbiologia do Solo. Foi o primeiro a reconhecer a importância dos microrganismos no solo e desenvolveu, na Rússia, aquilo que conhecemos hoje como a Ciência do Solo.

LÖHNIS escreveu o primeiro livro sôbre a Bacteriologia do Solo e a sua importância para a fertilidade do mesmo.

Desde 1900 incluíram as Escolas Superiores de Agricultura de Viena e Munique a Microbiologia do Solo no seu currículo. A matéria ganhou sempre mais importância.

LIPMAN iniciou o estudo sistemático da população do solo. Desde 1911 a Microbiologia do Solo é uma ciência independente.

THOM e WAKSMAN pesquisaram os fungos da terra, como os *Penicillium* e *Aspergillus*.

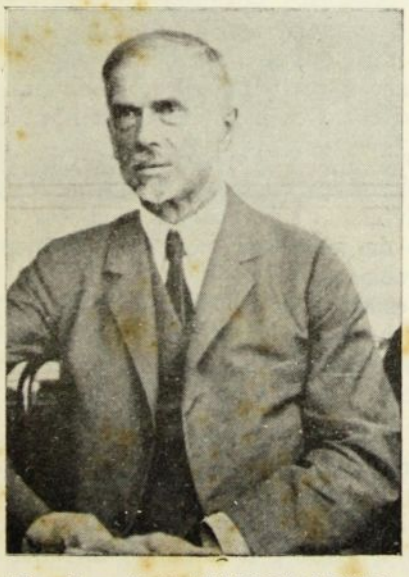


Fig. 2 — S. N. WINOGRADSKY

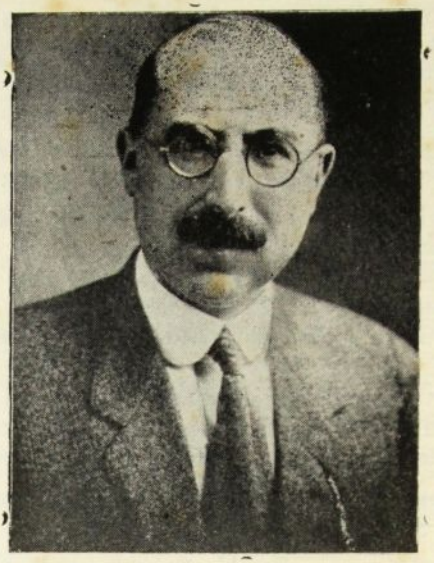


Fig. 3 — J. G. LIPMAN

A Microbiologia do Solo foi sempre mais pesquisada e, especialmente CHOLODNY, SEKERA e KUBIËNA são os grandes cientistas que a relacionaram ìntimamente com a fertilidade da terra. Graças a êles, possuímos hoje métodos bons e exatos para os estudos da microflora do solo. SEKERA, especialmente, deu o grande passo da ciência abstrata para a prática, responsabilizando os microrganismos pela estrutura sadia e fôfa da terra. Introduziu o Serviço de Higiene do Solo que é nada mais e nada menos, que a recuperação e conservação do solo, dirigido pelos conhecimentos profundos das causas biológicas. Hoje, êste serviço é comum na Europa inteira e os trabalhos de SEKERA são considerados como os melhores desta nova ciência.

KUBIËNA, a maior autoridade viva em Edafologia, por sua vez, conseguiu provar que os chamados «tipos de terra» nada mais são do que diferentes estados de desenvolvimento sob diversas condições e climas, sendo igual ao natural envelhecimento da terra que, por sua vez, depende essencialmente da atividade da vida microbiana.

RUSSELL, da estação experimental de Rothamsted, Inglaterra, deu, no seu livro *«Soil Conditions and Plant Growth»*, a primeira vista geral de tôdas as condições físicas, químicas e biológicas do solo, redundando pois, numa obra perfeita e pioneira, decisiva para a agricultura moderna.

BROMFIELD, o pioneiro da recuperação prática das lavouras americanas, disse em seu famoso livro *«Malabarfarm»*: «Os microrganismos da terra são os animais domésticos mais importantes e mais úteis. Se êles prosperam, o lavrador também prospera, e se êles lutam pela sua sobrevivência, o lavrador também o fará. A prosperidade e a ruína do lavrador depende pois, antes de tudo, da microvida do solo.»

As mais notáveis revelações acêrca da atuação dos fungos do solo foram feitas por uma mulher, GELTSER, pesquisadora russa, cujos livros são a base dos conhecimentos que possuímos.

Porém, a GARRETT cabe o mérito de ter feito a primeira classificação ecológica de fungos do solo, dando assim o passo decisivo na agricultura moderna, livrando-a dos preconceitos da ciência clássica que impossibilitou, por muito tempo, a visão real dos fungos no solo e sua importância.

Com a visão ecológica abriu-se uma nova era, permitindo finalmente a recomposição dos processos biológicos no solo — a biocenose, — a qual nos transmite a noção de todos os processos biológicos, químicos e físicos, em relação coordenada, e nos permite compreender a «vida do solo», o índice de sua fertilidade.

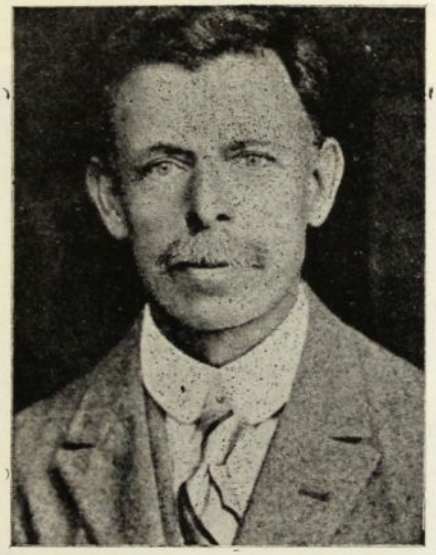


Fig. 4 — Sir J. RUSSELL

Sabemos hoje, que a Microbiologia Agrícola não se reduz sòmente ao lacticínio, à indústria de conservas e a produção do vinho ou vinagre, mas que a microbiologia da própria terra é a parte mais importante na agricultura sadia e próspera.

A convivência dos microrganismos entre si, entre microrganismos e vegetais, é designada por FRANCÉ: «Edaphon».

Daí se deriva a palavra Edafologia, a ciência da vida do próprio solo.

O solo não é aquilo que a agricultura quimiotécnica pregava, sòmente um suporte para os adubos, água de irrigação e culturas, mas um organismo vivo, cujo esqueleto é a parte mineral, cujos órgãos são os micróbios que ali vivem e cujo sangue é a solução aquosa que ali circula. Respira como qual-

quer outro organismo vivo e possui sua temperatura própria. Necessita êle tanto das plantas, como as plantas necessitam dêle. (LÖHNIS, LIPMAN, WAKSMAN).

Terra inerte é terra infértil. Ninguém pretende tirar leite de vaca morta, mas muitos pretendem tirar safras duma terra morta. A infertilidade se atribui a tudo, menos à realidade de ser a terra morta, sua estrutura decaída e sua vida acabada.

Poucos ainda consideram que sòmente a revitalização do solo, que se conhece sob a palavra «recuperação», é capaz de trazer a fertilidade perdida.

Os microrganismos, porém, só populam a terra, de nôvo, se existe uma ótima relação entre ar, umidade e temperatura, suficientes sais minerais e matéria orgânica, da qual, a maioria dêles, retira sua energia vital (SEKERA).

Em terras tropicais, 15 cm são bem entrelaçados por uma trama viva de vida microbiana, 20 cm em terras subtropicais e 25 cm em terras de clima moderado. O zêlo desta camada «esponjosa» e fôfa, que protege a fertilidade do solo, deve ser a nossa máxima aspiração.

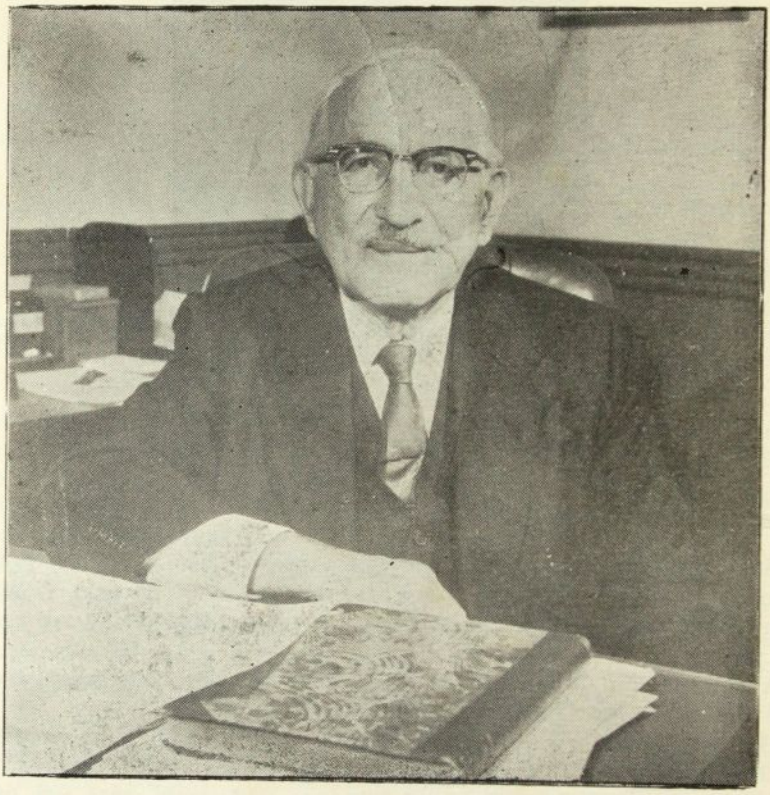


Fig. 5 — S. A. WAKSMAN
Professor Emérito

2 — A BIOLOGIA DO SOLO

É uma ciência bastante nova e tomou o seu primeiro impulso com o trabalho de FEHÉR e VARGAS cujo «Manual de Biologia do Solo», (em húngaro), deu início às pesquisas coordenadas. Entende-se por «Biologia do Solo», a zoologia da micro e mesofauna, suas formas e, especialmente, seus costumes.

KÜHNELT nos dá uma excelente visão geral da micro e mesofauna do solo e tenta, pela primeira vez, uma classificação ecológica, dando ênfase à atividade zoológica relativo aos processos no solo.

FRANZ e KUBIËNA foram os primeiros a tentar relacionar as espécies zoológicas da micro e mesofauna com a gênese do solo. FRANZ esboça, pela vez primeira, em traços claros e geniais, a biocenose que, já há 20 anos, SEKERA sentiu, relacionando, naquela época, no entanto, sòmente a micro- e macroflora. O reconhecimento das relações entre microflora, microfauna e os vegetais nos permite estabelecer um regime de conservação da fertilidade verdadeira do solo, compreender as doenças vegetais e encontrar meios de combatê-las em bases muito mais amplas e eficazes do que foi possível até hoje.

Presenciamos o íntimo entrosamento entre a micropopulação, o solo e as plantas. As qualidades físicas do solo e indiretamente também as químicas, são altamente dependentes da microvida, (SEKERA, FRANZ, KUBIËNA, SCHEFFER, WAKSMAN, PRIMAVESI), dependendo esta, por sua vez, da vegetação e das condições do solo. Êste entrelaçamento chamamos de biocenose, onde cada integrante possui uma influência decisiva sôbre o outro.

Reconhecemos não ser possível considerar sòmente uma cultura e suas exigências, ou um fungo patógeno e suas condições de vida, porque cada um faz parte de um conjunto vivo, do qual foi retirado para melhor estudo (MEYER), aonde, porém, deve ser reposto, para se poder julgar a sua atuação, com base em seus costumes e em sua vida individual, dentro da grande sociedade que representa a biocenose do solo.

Esclarecem-se, de repente, muitos fatos incompreensíveis, e especialmente a atuação dos microrganismos como patógenos e parasitas que, anteriormente, sem razão visível, atacaram as nossas culturas; isto se constata, quando se observa sua vida dentro da sociedade do solo, propiciando assim, o impedimento de sua atuação danosa.

As três mais novas ciências agrícolas, a Microbiologia do Solo, a Biologia do Solo e a Sociologia Vegetal, são as pedrinhas que faltavam ao complexo mosaico da biocenose do solo, hoje a base da agricultura intensiva. Produz-se, graças a elas, com poucas despesas, de maneira relativamente muito segura, colheitas altas e de boa qualidade. (MEYER, GÖRBING, PRIMAVESI, SCHEFFER).

3 — A SOCIOLOGIA VEGETAL

Já os povos antigos do Egito e da Grécia reconheciam a existência de relações entre as plantas. Sabiam que algumas beneficiavam as outras, como, por exemplo, as leguminosas ao trigo, sendo outras prejudiciais, como a nogueira às oliveiras, ou o repôlho às videiras, etc. (KLAPP). Os arqueólogos aproveitaram para as suas pesquisas, o fato de ter cada clima a sua associação vegetal, como, por exemplo, florestas, estepes, pradarias, etc.

BRAUN-BLANQUET relacionou as associações vegetais tanto com o tipo e o estado do solo, como com o clima, com a topografia e fundou com isso, no início dêste século, uma ciência que é uma das mais promissoras da Agricultura e Silvicultura modernas.

Reconheceu-se logo que o solo influi tanto sôbre as plantas, como as plantas sôbre o solo, como demonstram especialmente, DU RIETZ para a Escandinávia, MOROSOV, SUKATSCHEW, ILJINSKI, para as florestas russas, AICHINGER para os Alpes. Em vista disso desenvolveram sistemas vantajosos de reconhecimento precoce da decadência de um solo pastoril ou florestal, podendo esta ser remediada em tempo.

Mudando a sociedade vegetal, pode-se concluir que mudou o solo, e a floresta ou o pasto entram em declínio. Com a introdução de plantas, ainda adaptáveis a esta sociedade, mas já constituindo o último elo de uma sociedade superior, melhora-se a fitosociedade e com ela, o solo.

O botânico MOLISCH e o cientista do solo SCHEFFER provam que o sinergismo e alelopatia entre as plantas são devidos, especialmente, as secreções radiculares e a sua microflora trófica, e só parcialmente, em conseqüência da competição pelos nutrientes.

Na Inglaterra, TANSLEY dá uma boa visão geral dos problemas fitoecológicos, mas destacam-se neste setor, especialmente, os cientistas americanos WEAVER e CLEMENTS que, em sua «Ecologia Vegetal», tratam de muitos problemas da fitosociologia. Esclarecem muitos aspectos do desenvolvimento radicular, em relação ao meio, incluindo aqui o tipo de solo, clima, associação vegetal e métodos de cultura.

KUTSCHERA publicou um «Atlas de Raízes» que possibilita ao agricultor e pecuarista escolher plantas para a sua rotação ou invernadas que, ao menos, não disputam o mesmo espaço do solo.

KLAPP é o primeiro que usa largamente os conhecimentos fitosociológicos para pastos e invernadas e criou com seu livro «Wiesen und Weiden», (Invernadas e Pastos) uma obra prima e até revolucionária que mostra novos e promissores caminhos.

A Sociologia Vegetal é a ciência das associações vegetais, cabendo a ela tratar de todos os fatôres relacionados com a vida social da planta. A luta incessante pelo espaço, água, nutrientes e luz, é tanto mais acirrada, quanto mais semelhantes forem as exigências vegetais.

Assim, das inúmeras sementes espalhadas pelo vento ou pelos animais, vingam sòmente aquelas que encontram as melhores condições num certo meio, relativo ao clima, solo, topografia, insolação e nutrientes.

A Ecologia Vegetal, fator resultante desta luta pela sobrevivência, explica, pois, muito melhor, as condições reinantes de clima, solo e ambiente, em geral, do que qualquer exame dos fatôres, em separado (AICHINGER).

Por isso, KLAPP afirma a superioridade dos resultados das pesquisas sociológicas sôbre as pesquisas, simplesmente, químicas e físicas do solo, climatéricas e topográficas, porque o método sociológico abrange todos os fatôres do meio, sem êrro e esquecimento, sendo isso impossível com os métodos clássicos vigentes.

A êsse respeito, SCHÄDELIN disse: «O estudo do meio pelos fatôres componentes, em separado, nos dá, na melhor das hipóteses, partes de um conjunto, faltando, porém, a ligação vitalizante. Não podem revelar o essencial: o complicadíssimo entrosamento dos diversos fatôres com as suas relações reciprocíclicas».

A Sociologia Vegetal pesquisa, segundo BRAUN-BLANQUET:

1 — a composição da associação vegetal de um determinado local,

2 — as condições de vida das diversas associações vegetais, relativas:

a) ao clima local (luz, calor, precipitações, vento),

b) aos fatôres químicos, físicos e biológicos do solo,

c) aos fatôres topográficos,

d) à influência cultural (aração, desmatamento, queimada, uso da terra, isto é, monocultura, policultura, rotação, drenagem, irrigação, adubação, etc.),

e) às influências animais da macro e mesofauna: pastoreio, cavação por minhocas, danificação radicular por ratos, etc.,

f) à microflora e fauna,

3 — a influência da associação vegetal sôbre o solo (sombreamento, produção de matéria orgânica, etc.),

4 — a adaptação das diversas associações ao ambiente e a sua Fisiognomonia,

5 — o desenvolvimento gradativo das diversas associações vegetais,

6 — a história das diversas associações vegetais (pasto, mato, pântano, soio cultural).

A Ecologia Vegetal é hoje uma ciência bastante desenvolvida e se conhece, perfeitamente, a interdependência existente entre a vegetação e o meio («standort»). Em nossas culturas agrícolas, a dependência do clima é, porém, muito menor que a do próprio solo. Encontramos sob um clima, inúmeras fitosociedades, dependendo tôdas, essencialmente, das condições oferecidas pelo solo. Ao agrônomo não interessa tanto a fitosociedade natural, mas sim a cultural.

Aprende-se com a sociologia vegetal que:

1 — a fitosociedade se forma em estreito equilíbrio com os fatôres ecológicos. Se aparecer um inço, de dificílima eliminação, isso significa que as condições são altamente favoráveis ao inço e, portanto, desfavoráveis à cultura. (WEAVER);

2 — não adianta tentar plantar uma cultura em um solo de condições altamente desfavoráveis. Se a fitosociedade espontânea e, portanto, natural, demonstra as condições precárias do solo, é contraproducente querer plantar culturas exigentes, mesmo se forem adubadas. A adubação pode regular sòmente um dos fatôres responsáveis pela fitosociedade reinante, mas não todos;

3 — a raiz é o órgão mais importante da nutrição vegetal, dependendo o seu desenvolvimento:

a) do estado bio-físico do solo (estrutura e umidade)
b) da luz recebida pela planta (HOLCH)
c) dos nutrientes presentes (P, B, Ca, aumentam o seu desenvolvimento)
d) da inibição ou estimulação por outras raízes (monocultura tem efeito inibitivo) (SCHEFFER).

Tanto no pasto, como na terra de cultura, sofrem permanente influência pelo uso, sendo destruídas as fitosociedades naturais (KLAPP, SCHEFFER). O homem assume a responsabilidade por estas sociedades culturais (CLEMENTS).

Se a nossa cultura agrícola e a nossa flora pastoril figuram dentro do quadro da fitoassociação, à qual o meio é favorável, a produção será satisfatória. Portanto, há zonas de produção (LÖHR) indicadas, em geral, pelo clima e pelo tipo de solo, e, em especial, pela decadência ou conservação do solo.

É pois, mais econômico plantar a cultura melhor adaptada ao meio, do que plantar a que, no momento, promete preço melhor mas fracassa depois ou fornece um rendimento insatisfatório, por ser o meio inadequado à cultura.

BIBLIOGRAFIA

AICHINGER,E. «Angewandte Pflanzensoziologie», Hf. 1, 1951, Wien.
BEIJERINCK, M.W. «Verzamelte Geschriften», 1921-1946, Delft.
BEIJERINCK, M.W. Bot. Ztschrft. 46: 725, 741, 757, 1888.
48: 837, 1890.
BERTHELOT,M. C.R. 101: 775, 1885.
BRAUN-BLANQUET,J. «Pflanzensoziologie», 1928, Wien.
BROMFIELD,L. «Malabarfarm», 1942, New York.
BULLOCK,W. «The History of Bacteriology», 1938, New York.
CHOLODNY,N. Arch. Microb. 1: 620, 652, 1930.
CLEMENTS,F.E. Carnegie Inst.Wash.Pub. 242, 1916.
CLEMENTS,F.E. e SHELFORD,V.E. «Bioecology», 1934, Washington.
COLUMELLA, citado em RUSSEL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
DU RIETZ,G.E. «Vegetationsforschung auf soziationsanalytischer Grundlage», 1930, Aberdhalden.

FEHÉR,D. «Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens», 1933, Berlin.
FEHÉR D. e VARGAS,I. «Manual de Biologia do Solo», 1927, Budapest.
FRANCÉ,B.H. «Das Edaphon», 1922, München.
FRANZ,H. Akad.Wiss.Wien.Denkschrft.Bot. 107, 1943.
FRANZ,H. «Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege», 1950, Berlin.
FRANZ,H. Forschungsd. 13: 320-333, 1942.
GARRETT,S.D. «Biology of Root Infecting Fungi», 1956, Chicago.
GELTSER,F.Y. «The Significance of Microorganisms in the Formation of Humus», 1940, Moscou.
GÖRBING,J. «Die Grundlagen der Gare im Praktischen Ackerbau», 1944, Hannover.
HELLRIEGEL,H. e WILLFARTH,H. Z. Rübenzucker Ind. Beilageh, 1888.
KLAPP,E. «Wiesen und Weiden», 1956, Berlin.
KUBIËNA,W. Soil Res. 3: 91-102, 1932.
KUBIËNA,W. Arch.Mikrobiol. 3: 507-542, 1932.
KÜHNELT,W. «Soil Biology», 3ª *Ed.*, 1961, London.
KUTSCHERA,L. «Wurzelatlas», 1960, Frankfurt/Main.
LIPMAN,J.G. et al. Soil Sci. 3: 499-538, 1916.
LIPMAN,J.G. J.Agr.Sci. 3: 297-300, 1909.
LÖHNIS,F. «Handbuch der landw. Bakteriologie», 1910, Berlin.
MEYER,L. Ber.Landbautech. 4: 1-11, 1948.
MEYER,L. Bodenk. u. Pflanzenern. 29: 119-140, 1943.
PRIMAVESI,A. «Erosão», 1952, São Paulo.
RUBIN,B.A. Ciencia Sov.Edit.d.Estado, Vol. 2: 64-65, 1956.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth» (9ª Ed.), 1961, London.
RUSSELL,E.J. «Plant Nutrition and Crop Production», 1947, London.
SAUSSURE,Th. «Recherches Chimiques sur la Végétation», 1904, Paris.
SCHEFFER,F. «Bodenkunde», 1952, Stuttgart.
SCHEFFER,F. «Der Stickstoff», 1956, Berlin.
SCHULZ-LUPITZ Jb. d. DLG. Bot. 6: 78-84, 1891.
SEKERA,F. «Der gesunde und der kranke Boden», 1953, Berlin.
SEKERA,F. Deut. Landw. Presse, Jg. 73, nº 19, 1950.
TANSLEY,A.G. «Practical Plant Ecology», 1923, New York.
TANSLEY,A.G. «The British Islands and their Vegetation», 1953, London.
THAER,A. von «Grundsätze der rationellen Landwirtschaft», 1809-1812, Basel.
THOM,Ch. Trans. 3rd. Comm. Int. Soil. Sci. New Brunswick, A: 94, 1939.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WAKSMAN,S.A. «Principles of Soil Microbiology», 1927, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. «Three Decades With Soil Fungi» Soil Sci. 58: 89-115, 1944.
WEAVER,J.E. e CLEMENTS,F.E. «Ecologia Vegetal». 1950, Buenos Aires.
WINOGRADSKY,S.N. «Microbiologie du Sol», 1949, Paris.
WINOGRADSKY,S.N. Ann. Inst. Pasteur 39: 299-354, 1925.

20

CAPÍTULO I

BIOCENOSE DO SOLO

A BIOCENOSE DO SOLO 23
ECOLOGIA GERAL DA POPULAÇÃO DO SOLO 27
SUPRIMENTO DE ENERGIA 29
RELAÇÕES SIMBIÓTICAS E ANTIBIÓTICAS 31
AÇÃO RECÍPROCA DE MICROFLORA E MICROFAUNA 33
CONDIÇÕES DO SOLO EM RELAÇÃO À MICROFLORA 33
A MICROVIDA NA RIZOSFERA 33
MICORRIZAS 39
BIBLIOGRAFIA 44

A BIOCENOSE DO SOLO

O solo, como sistema poroso, abriga tanto bactérias como fungos, protozoários, vermes e insetos, mas é, também, o espaço vital da raiz vegetal.

Por isso, WIERSUM denominou o espaço do solo densamente enraizado de «volume ativo do solo», com o qual êle designa justamente esta parte que GÖRBING denomina de «vivo». Vivo, porque é animado pelas raízes e microrganismos, que tem de compartilhar o mesmo espaço, ar, água e nutrientes. Esta convivência estreita da microflora e fauna com a macroflora, com mútuo benefício e contrôle, chamamos de biocenose.

Não há dúvida que o estado favorável do solo, floculado ou fôfo, depende da microvida.

O valor cultural de um solo diminui (PÉRIGAUD) com a atividade microbiana diminuida e o aumento de camadas endurecidas.

WINOGRADOW prova que em solos deficientes em Mn, B e Zn uma adubação química raramente traz efeito, porque trata-se, geralmente, de solos biològicamente inativos. A nutrição vegetal é, portanto, sèriamente comprometida.

Tanto SEKERA, como também, GÖRBING, RUSSELL, PRIMAVESI, BOGUSLAWSKI e outros, constataram que as safras aumentam com a diminuida resistência do solo, que é igual ao aumento do volume poroso. O volume poroso, por sua vez, é o produto da riqueza do solo em íons bivalentes, trocáveis, do humo e da microvida.

As raízes, que entram no solo, defendem o seu espaço vital contra as outras, através de excreções, muitas vêzes altamente tóxicas, como é o caso da escopoletina do *Lolium multiflor* (SCHEFFER).

Cada planta possui as suas excreções específicas criando, assim, em volta de sua raiz, um ambiente um pouco mais ácido, que favorece a absorção de Ca, K, B, Mn, Zn, Mg e que, igualmente, aumenta a atividade biológica (ULRICH, HEMPLER).

Especialmente em sociedades polífitas, as raízes excretam muitas substâncias que podem ser tóxicas para outras. As outras raízes, para poder penetrar nestas zonas, soltam substâncias desintoxicantes tais como aminoácidos aromáticos (KNAPP). Porém, muitos organismos da microfauna, tais como nematóides, larvas, etc., desaparecem da rizosfera por não suportar as excreções (açúcar, brenzcatequina, etc.) (SCHEFFER e KICKUT).

O que importa aqui, entretanto, é que cada substância excretada, possui a sua microflora específica que, por sua vez, possui a sua microfauna, que vive dela e se aproveita da mesma. O alimento no solo é parco e para possibilitar a vida de dezenas e até centenas de milhões de microrganismos num grama de solo, não se pode esbanjar nada. Assim, encontram-se nas imediações das raízes milhões de bactérias, próprias a esta rizosfera. RUBIN chama esta convivência entre a raiz e os microrganismos de «simbiose trófica».

As excreções radiculares causam uma intensa microvida em volta da raiz. Tanto as secreções, como a microflora trófica, são responsáveis pela alelopatia de uma raiz para com a outra, o que pode impedir o crescimento de outras plantas. Assim, por exemplo, centeio inibe o desenvolvimento de *Sinapis arvensis, Matricaria maritima,* etc. Desta maneira, cada solo cria a sua própria sociedade de vegetais e microrganismos. Sabemos que as condições ecológicas determinam a vegetação, sendo estas condições, tanto o clima e a topografia, como o estado bio-físico do solo.

Um solo depauperado e decaído possui, portanto, uma outra flora, diferente da de um solo rico e fôfo. (LOUB).

A biocenose do solo se modifica, segundo o tipo de solo, sua riqueza mineral e orgânica, seu estado de decadência, a vegetação reinante (pasto, monocultura, floresta), e a idade das plantas.

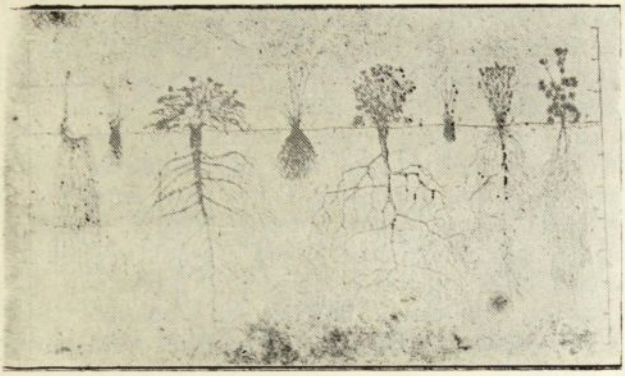
No próprio solo, os horizontes eluviais e iluviais exercem a maior influência sôbre a microvida, pela riqueza ou pobreza em nutrientes, oxigênio e água. Qualquer modificação do solo, seja ela ocasionada por trabalhos no campo, pelas culturas, pelos tratos culturais, pela seleção do gado de pastoreio — que escolhe sempre a vegetação superior, exterminando-a após certo tempo — influe sôbre a ecologia. Nenhum processo no solo se desenvolve separadamente, mas sempre, em íntima relação e entrosamento com outros, constituindo, sòmente, um simples elo numa contínua sucessão (FRANZ).

Sabe-se que os diversos tipos de organismos que se aproveitam, tanto das excreções radiculares, como dos nutrientes metálicos no solo, servem sempre, por sua vez, de alimento aos outros, razão porque FRANZ chama a isso de «uma cadeia alimentícia». Se houver, abaixo duma vegetação natural, a multiplicação demasiada de um microrganismo, originar-se-á com isso a fome de outros. A biocenose transformar-se-á em aberta inimizade e logo se criarão microsêres predatórios ou bacteriófagos que acabarão com a raça que proliferou demais, restabelecendo-se, de nôvo, o equilíbrio antigo. Mas, com a normalização da situação, também desaparecerão os microrganismos predatórios ou parasitas (FRANZ). Pode-se julgar o parasitismo microbiano como expressão de um desequilíbrio ecológico. ,

Pode-se imaginar que êste processo de equilibração não é sòmente pôsto em ação quando se trata da microflora (os micróbios) ,mas, também, quando se trata da macroflora (as plantas de cultura). Como elo da biocenose solo-planta-microflora-microfauna, a monocultura, provoca um desequilíbrio na microflora e fauna, que estas tendem a sanar pela eliminação dos vegetais, no momento em que êstes saem enfraquecidos pela própria concorrência alimentar. (BRAUN).

Na monocultura, as plantas não soltam nem tóxicos nem desintoxicantes (SCHEFFER) e as excreções unilaterais das raízes beneficiam sòmente, poucas raças de microrganismos. As outras desaparecem, por não encontrar condições favoráveis de vida. O solo se desflocula, assenta e endurece. O pH baixa e os microrganismos que ainda podem viver são, especialmente, fungos. Num solo com pH sobremaneira baixo ou alto — pH 5,0 ou 7,5 — as plantas mostram uma respiração diminuída e, portanto, deficiente, com consequente menor absorção (GRACANIN, GEORGIEV).

O DESENVOLVIMENTO RADICULAR: (seg. WEAVER)



H K B F G P A Po

Fig. 6 — Plantas de pradaria, — H,*Hieracium*, K,*Koeleria*, B,*Balsamorrhiza*, F,*Festuca*, G,*Geranium*, P,*Poa secunda*, A,*Hoorebekia*, Po,*Potentilla*.

Fig. — 8

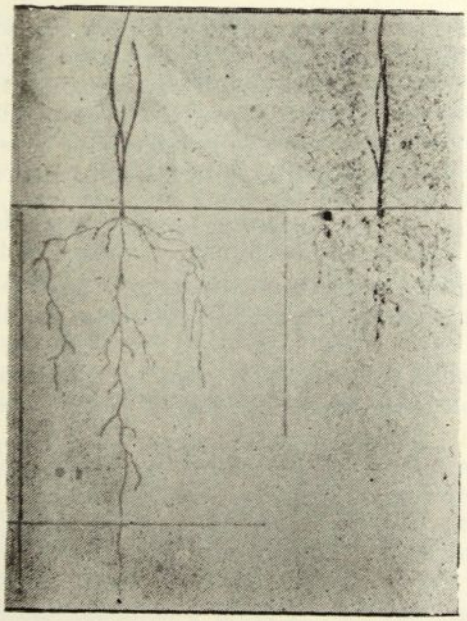
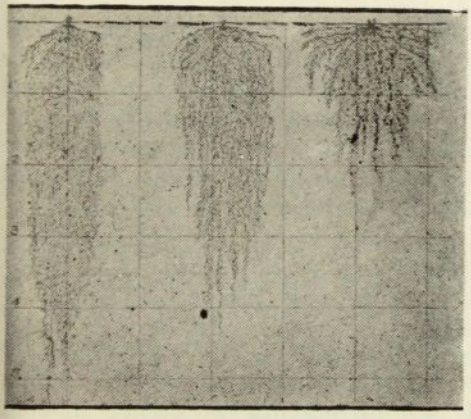


Fig. — 7



a b c

Desenvolvimento duma raiz de trigo

a) 650 a 800 mm de precipitações
b) 525 a 600 mm de precipitações
c) 400 a 475 mm de precipitações.

a b

Desenvolvimento duma raiz de cebola

a) em solo fôfo
b) em solo compacto.

Assim mesmo, com fácil disponibilidade de nutrientes — o que porém não acontece — as plantas são mal nutridas, como provam as experiências de WELTE e TROLLDENIER, verificando-se um menor teor em minerais, por unidade de substância sêca, em plantas criadas em solos estéreis ou com pouca atividade biológica. TROLLDENIER prova, mais ainda, que as plantas em tal ambiente necessitam mais nutrientes para produzir 1 grama de substância sêca que plantas em solos vivos, porque o seu metabolismo trabalha menos econômicamente. Provàvelmente dependa isso, do fato, de que as plantas absorvam só parte dos nutrientes por vias dinâmicas. Outra parte entra por difusão (MENGEL, MARSCHNER) — que causou a teoria do AFS, «aparent free space» — e são, simplesmente, íons inorgânicos. Como a célula vegetal só aceita íons ou moléculas orgânicos, êstes nutrientes inorgânicos necessitam de um «portador» orgânico, para romper, com êles, a barreira do citoplasma (LUNDEGARDH). Muitas vêzes a planta absorve nutrientes inorgânicos inaproveitáveis, porque carecem de um portador.

Num solo vivo, êste problema não surge, por ter as bactérias transformado todos nutrientes disponíveis, em formas orgânicas.

Resumindo, pode-se dizer: Só em solos biològicamente vivos e sadios podemos alcançar o máximo efeito de adubos comerciais, com altas colheitas, de boa qualidade, e um mínimo de incidência em doenças.

A monocultura é, pois, responsável tanto pela decadência dos solos, da diminuição das colheitas, como pela alta incidência de pragas e moléstias (SULOCHANA). Em terras naturais, o vegetal morto, sendo decomposto pelos microrganismos, fornece, de nôvo, matéria orgânica para a microflora heterótrofa. Em solos de culturas êste ciclo é interrompido, porque a colheita leva a matéria orgânica, necessária para a manutenção da microvida.

A má nutrição vegetal em solos decadentes, que nem adubações comerciais podem contornar — é bem conhecido que «quanto pior o solo, tanto menor é o efeito do adubo» (VETTER, PRIMAVESI, GÖRBING) — provoca menores excreções radiculares. Os estreptomicetos, que vivem na rizosfera, possuem, segundo REHM, um efeito fungicida, defendendo a rizosfera contra outros microrganismos. Quanto mais velhas e quanto melhor nutridas as plantas e com elas os estreptomicetos, tanto mais forte será êste efeito.

Em policulturas de solos ácidos e pobres, êste efeito é fraco; em monoculturas, daqueles solos é pràticamente nulo, porque tanto a má nutrição como a monocultura (SCHEFFER e KNAPP) baixam a quantidade de excreções e com isso as possibilidades da microflora beneficiente e o poder defensivo da planta. A resistência da cultura é, portanto, sèriamente comprometida, sendo incapaz de defender-se contra um ataque de microrganismos unilateralmente multiplicados, (fungos, bactérias, ácaros, nematóides) que, agora, se tornam parasitas, porque nestes solos, por causa das condições reinantes (FRANZ), sua biocenose é desequilibrada.

A maioria da microfauna desaparece por faltar muitas vêzes água, que não pode infiltrar-se, normalmente, no solo.

BRAUN constatou, igualmente, em solos decadentes, o aumento de ataques por parte de percevejos, nematóides, fungos e ácaros. O contrôle mútuo da microflora e microfauna está faltando.

VOISIN disse que a saúde humana, depende ìntimamente da saúde do solo e responsabiliza a adubação química unilateral de NPK pelas doenças animais e humanas.

É evidente, que a biocenose equilibrada do solo é a base da saúde dos povos que ali vivem.

A monocultura arruina pois, não sòmente a vida do solo e consequentemente a sua estrutura, provocando a sua infertilidade, mas arruina igualmente a saúde e vitalidade humana, porque as terras «doentes», na sua estrutura e microvida, só fornecem alimentos deficientes.

Vai aqui a regra: «quanto menor a colheita, tanto pior a sua qualidade» (RENDING).

ECOLOGIA GERAL DA POPULAÇÃO DO SOLO

Os diferentes grupos de organismos do solo, não vivem independentemente uns dos outros, mas, entrelaçados, ìntimamente, num equilíbrio perfeito com as condições do ambiente.

Isso não prevalece sòmente para os microrganismos parasitas, mas também para os saprófitas, porque todos estão em permanente competição pelos nutrientes disponíveis. E cada um desenvolve uma série de relações simbióticas e antibióticas para com seus vizinhos, para alcançar o seu quinhão do alimento existente. Assim, estabelece-se, em cada solo, um estrito equilíbrio entre os microrganismos, o qual depende ùnicamente do ambiente, que o próprio solo oferece. Numa terra bem cuidada temos, por isso, um poder tampão biológico bastante grande, que proporciona boa estabilidade à estrutura da mesma.| (ZEILINGER, RUSSELL).

FRANZ disse: «Hoje, a ecologia se torna uma das ciências mais modernas e necessárias, estudando a relação do nosso mundo técnico e material com a «vida como centro» (FRIEDERICHS).

Baseia-se no fato de nenhum processo da natureza se desenvolver isolado, mas sempre ìntimamente entrosado com outros, atuando cada um, sòmente, como elo de uma cadeia contínua.

A biocenose do solo é diferente segundo as condições reinantes e depende, por conseguinte, dêste ser arejado ou anaeróbio (duro), insolado ou sombreado, rico ou pobre em sais nutritivos e humo, úmido, fresco ou sêco, cultivado ou com flora natural, com policultura ou monocultura, com pH alto ou baixo, etc.

Para cada variante há uma biocenose adaptada e própria, reagindo esta às mínimas oscilações. Se, por exemplo, não nos agradar uma raça de micróbios, um inço ou um animal da mesofauna, devemos sempre considerar que êste surgiu devido a uma adaptação ecológica e é próprio ao ambiente reinante. Êste indivíduo indesejável (seja êle uma planta, um inseto ou micróbio) não é combatível com métodos extra-ecológicos, como, por exemplo, pulverizações, esterilisações, etc., porque todos êstes sòmente matam o indivíduo no momento,

mas não removem as condições ecológicas que o obrigam sempre, de nôvo, a reaparecer.

Com a modificação do ambiente, porém, modificar-se-á a biocenose e o indivíduo, agora desajustado, não encontra mais possibilidade de sobreviver, e desaparece como surgiu.

Esta contínua equilibração da biocenose — que é uma comunidade dos mais diferentes sêres vivos — é o ponto angular da agricultura. Se é bem entendida não há problema, nem relativo ao rendimento das culturas nem em relação às doenças. Se não é bem compreendida, a agricultura torna-se, pouco a pouco, um assunto desesperador, sendo cada vez mais um jôgo de sorte, em completa dependência de fatôres inesperados.

Sem a interferência humana, existiria um permanente equilíbrio, que sempre dentro de certos limites, se regeneraria automàticamente.

Se o homem destrói o equilíbrio da biocenose natural com as suas técnicas, êle tem de contar, lògicamente, com tôdas as conseqüências, como decadência do solo, parasitismo microbiano nas culturas, etc. Se o homem quer modificar esta biocenose natural e substituí-la por uma ordem que lhe convém melhor, assume com isso a responsabilidade de pesquisar e estudar as conseqüências ecológicas dessa nova ordem, para poder restabelecer um equlíbrio, que sendo, porém, artificial, tem de ser permanentemente zelado e cuidado. (FRANZ).

Se faltar um dos particulares habitantes da terra, não podemos juntá-lo simplesmente, (WAKSMAN), inoculando-o no solo, porque, não encontrando condições favoráveis, sempre desaparecerá de novo (PARKS). Podemos introduzi-lo sòmente pela modificação das condições vitais no solo. Isso acontece pela rotação das culturas, pela adubação química e orgânica e pela modificação dos métodos de aração.

PARKS conseguiu provar que, por exemplo, composto contendo uma certa espécie de fungos, sendo incorporado ao solo, não podia conservar êste seu particular fungo, o qual logo foi substituído por outros fungos, próprios a êste solo.

Por outro lado, uma adubação orgânica do solo acarreta um súbito aumento de diversas espécies de microrganismos, que anteriormente não eram comuns nêle. Apesar de que os microrganismos do solo se contam em dezenas de milhões, êles perfazem nada mais do que 1% do total do solo.

Desenvolveram-se diversos métodos para contar os microrganismos. O primeiro método foi o de CHOLODNY-ROSSI que enterra lâminas de microscópio por certo lapso no solo, tira-as, fixa e tinge a população microbiana desenvolvida nas lâminas, e conta-a em baixo do microscópio. Mesmo se êste método não fôr muito exato, porque os microrganismos desenvolvem-se mais rápido numa superfície lisa do que no próprio solo, pode-se observar que terras em pousio têm pouca micropopulação.

Se juntamos matéria orgânica ao solo, a micropopulação torna-se mais densa, desenvolvem-se as bactérias e fungos, ràpidamente. O mesmo observa-se depois da colheita, quando os restolhos são incorporados ao solo.

KUBIËNA desenvolveu um método direto, construindo uma adaptação ao microscópio, para observar a vida microbiana no solo vivo. SEKERA semeava flocos de terra sob ágar e incubava-os. MOLLISON desenvolveu um método seletivo de cultura de bactérias, diluindo uma certa porção de terra com água destilada e juntando a isso 1 cc para 5 cc de ágar, enriquecido com certas substâncias nutritivas como sais minerais, açúcares e humo. RUSSELL apurou que numa terra de cultura com 3% de matéria orgânica existem, aproximadamente, por hectare: 650 kg de bactérias (pêso de substância sêca), 650 kg fungos, 50 kg protozoários e mesofauna.

Calculando assim, vemos que 1.350 kg de microrganismos (substância sêca) vivem numa terra de cultura sadia, o que corresponde a 1/3 até a 1/2 do total da matéria orgânica calculada em 3% (WINOGRADSKY, ZIEMIECKA).

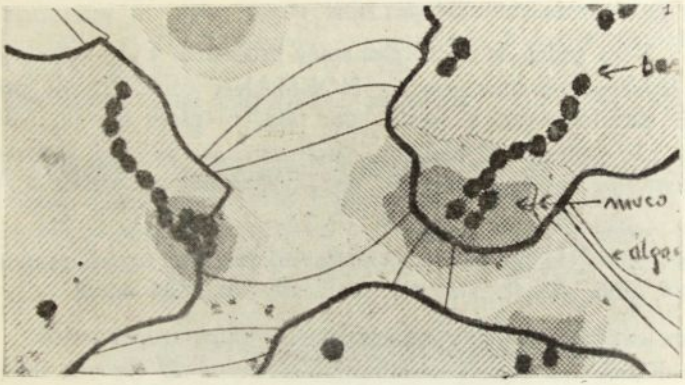


Fig. 9 — Grânulos de terra ligados por micélios de fungos. Colônias de bactérias produzem camadas mucosas na superfície dos agregados. (seg. SEKERA).

SUPRIMENTO DE ENERGIA

Os organismos do solo e as plantas têm as mesmas exigências em nutrientes, água e temperatura. Sòmente a fonte de energia é diferente.

Enquanto as plantas derivam a sua energia diretamente da luz solar, os microrganismos a obtêm através de produtos vegetais. Assim, o número dos microrganismos é controlado pela quantidade de energia disponível, liberada pela matéria orgânica morta no solo (WISE).

Aqui, temos uma diferença fundamental entre energia e nutrientes minerais. Os minerais podem ser usados sempre de nôvo, numa sucessão infinita, tanto pelas plantas, como pelos microrganismos, se não são removidos com a safra. Um átomo de nitrogênio nunca perde o seu valor. Pode ser usado no mesmo dia por um fungo, um bacilo e um protozoário. Porém a energia, uma vez retransformada em calor, nunca mais pode ser usada por nenhum ser vivo. (RUSSELL).

Existem duas regras que governam a vida dos microrganismos:

1 — quanto mais matéria orgânica e, portanto, quanto mais energia, tanto mais microrganismos existem no solo;

2 — quanto mais microrganismos, tanto mais rico é também o solo em diferentes espécies dos mesmos.

Porém, a quantidade dos microrganismos não diz ainda nada sôbre a sua atividade que, segundo FEHÉR pode ser medida pela produção de gás carbônico.

WARBURG construiu um respirômetro para medir a atividade microbiana. Mas o método mais usado é a perfusão onde se medem as reações químicas produzidas no solo pela atividade dos microrganismos. Usa-se, nesta técnica, uma coluna de terra bem arejada. Percola-se agora uma difusão diluída de amônia e mede-se depois a oxidação desta para nitratos, que sòmente ocorre em presença de *Nitrobacter*. (MEHLICH).

Nem todos os microrganismos produzem CO_2 como, por exemplo, *Thiobacter, Hydrogenomonas,* etc., e HOFMANN considera os processos oxidativos mais significativos, e mede, por isso, o gasto em O_2. Mas também êste método não atinge as bactérias que são ativas nos processos hidrolíticos, por exemplo, na decomposição de aminoácidos ou celulose onde não é gasto O_2.

Cada técnica de medir a atividade microbiana serve, portanto, sòmente para dar uma idéia global, mas não para uma medida exata.

Nestas experiências, distinguem-se três fatos importantes:

1 — Existe um certo «maximum» de atividade de um solo, além dêste êle não está em condições de executar transformações químicas (SCHOLEFIELD).

2 — Bactericidas ou outras substâncias tóxicas esterelizam primeiro o solo, porém, após um certo prazo, êste se recupera, de nôvo. (WAGNER).

3 — Um solo pode se adaptar a digerir substâncias tóxicas. Assim criam-se linhas de microrganismos que são aptos a oxidar fenol, cresol, hidrocarbono, etc. (AUDUS).

Porém, existem também composições de inseticidas que são extremamente resistentes, como DDT e BHC que permanecem durante muitos anos no solo, provocando manchas cloróticas nas fôlhas de batatinhas, fumo e outras culturas. (ALLEN e WALKER).

Por outro lado, pode-se acostumar bactérias a decompor substâncias tóxicas, juntando-se estas, gradativamente, ao solo sempre em quantidades maiores. (NEWMAN). Reconhecemos então, como regra, que o solo possui microrganismos capazes de oxidar ou reduzir as substâncias inorgânicas. Os organismos responsáveis por êstes processos são exclusivamente bactérias, sendo a oxidação executada por bactérias autótrofas e a redução por heterótrofas (HOFFMAN).

RELAÇÕES SIMBIÓTICAS E ANTIBIÓTICAS

É característico aos microrganismos excretarem complicados complexos orgânicos quando em atividade. E, apesar de acontecer sòmente em quantidades mínimas, resulta disso a maioria dos efeitos simbióticos e antibióticos, porque é justamente a ação dessas substâncias que atrai ou repele outros organismos.

Temos aqui as seguintes possibilidades:

a) competição dos microrganismos pelos nutrientes disponíveis;
b) um microrganismo vive das excreções de outro;
c) para efetuar uma decomposição, necessitam-se diversas espécies de organismos (NORMAN);
d) êles excretem substâncias hostis a outros organismos, como por exemplo o *Penicillium notatum* ou muito mais ainda o *Trichoderma viride* (excreta gliotoxina e viridina) que é um dos mais poderosos antígenos do solo, tendo sua importância econômica, especialmente no fato de atacar, também prontamente, todos os patógenos vegetais; (WAKSMAN);
e) êles vivem como citófagos e parasitas.

Esta qualidade de produzir antibióticos não se prende exclusivamente aos fungos, mas é também próprio a vários actinomicetos e bactérias, como por exemplo aos *Pseudomonas aeruginosa* e *Pseudomonas piocianea*, que produzem substâncias que matam protozoários tais como flagelados e ciliados. (WAKSMAN).

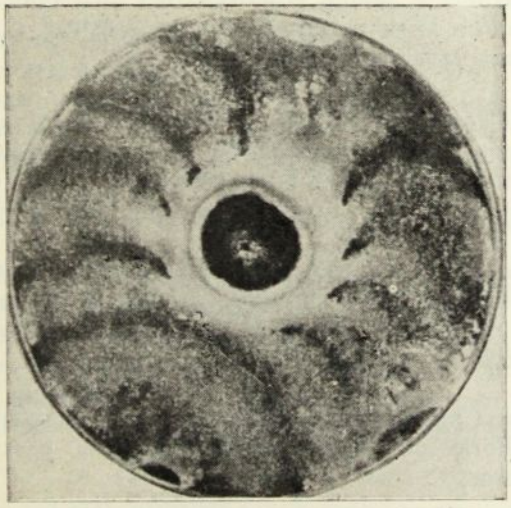


Fig. 10 — Efeito antagônico do fungo *Pseudeurotium zonatum* (centro) sôbre o fungo *Trichoderma lignorum* (seg. GOIDANICH).

Mas nunca aparece uma concentração de antibióticos nas camadas superiores do solo, porque ali existem outros organismos que os decompõem.

Quanto mais alcalino o solo, tanto mais devagar decompõem-se os antibióticos. NORMAN descobriu, que grande parte dos antibióticos é lixiviado para o subsolo. Estas camadas, abaixo de 15 cm, viradas para a superfície, inoculadas com bactérias e providas com matéria orgânica da superfície, sòmente muito vagarosamente se populam com microrganismos, porque têm de transpor primeiramente a barreira que se opõe, quer dizer, tem de oxidar primeiro os antibióticos.

STARKEY verificou que os micélios de fungos são atacados por bactérias que extraem dali o seu alimento e os matam finalmente. Assim, as bactérias limitam rigorosamente o número de fungos no solo, evitando a sua ilimitada proliferação.

Êsses fatos nos permitem concluir que:

1 — uma aração funda é prejudicial, porque

a) geralmente vira terra morta para a superfície que se desintegra formando crostas, impedindo a infiltração das precipitações e abafando as camadas vivas, agora enterradas. Cria a suscetibilidade do solo à erosão;

b) as camadas subjacentes são ricas em antibióticos, que evitam a pronta população em microrganismos, mantendo assim a terra por maior tempo suscetível à peptização, quer dizer, favorecem a erosão;

2 — numa terra bem arejada, sôlta e fôfa existe um perfeito equilíbrio entre os microrganismos, que evita a multiplicação incontrolada de fungos e outros micro-sêres que podem tornar-se patógenos vegetais;

3 — qualquer modificação física ou química provoca igualmente uma modificação biológica, causando um sério desequilíbrio no domínio microbiano, que pode ser altamente prejudicial às culturas agrícolas;

4 — a nossa maior preocupação deve ser de manter, rigorosamente, êste equilíbrio dos microrganismos no solo, para o bem das nossas culturas;

5 — em terras ácidas, prevalecem os fungos e aumenta também a proporção de antibióticos, esterilizando sempre mais o solo. Quanto mais estéril o solo, tanto maior o perigo da erosão, porque falta a defesa biológica.

AÇÃO RECÍPROCA DE MICROFLORA E MICROFAUNA

SINGH mostrou nas suas experiências que as bactérias do solo são «pastadas» por organismos semelhantes a protozoários, como amebóides gigantes, mixomicetos, mas também por ácaros, colembolos etc.

Variam, porém, as bactérias em sua comestibilidade. Existem bactérias que todos devoram com grande prazer, há outras que sòmente são pastadas por alguns dêles e conhecemos ainda outras que parecem incomestíveis, porque nenhum animalzinho da microfauna as toca. Assim, as bactérias que produzem um pigmento rosado, como o *Cromobacterium violaceum e Pseudomonas aeruginosa* não são tocadas por nenhum bacteriófago. (ROUSCHEL).

A microfauna do solo não sòmente come a microflora, mas também cuida de sua distribuição igual no solo. Distribuindo matéria orgânica no solo, esta distribui também as bactérias. Por outro lado, foi constatado que as minhocas comem os micélios dos fungos, de modo que, êstes sòmente se desenvolvem abundantemente onde as minhocas são escassas. (TOSCHEVICOVA). Fora disso, alguns saprófitas invertebrados (saprófita quer dizer que se alimenta de matéria orgânica morta, com diferença dos parasitas, que se alimentam de matéria orgânica viva), carregam no seu intestino protozoários, os quais os ajudam a digerir melhor os mais resistentes produtos da matéria orgânica como celulose, lignina, etc., (semelhante aos mamíferos). (KÜHNELT).

CONDIÇÕES DO SOLO EM RELAÇÃO À MICROFLORA

A composição da microflora do solo depende das condições do mesmo, isto é:

1 — das fontes de energia disponíveis,
2 — dos nutrientes disponíveis,
3 — da água e sua capacidade de infiltração, retenção e drenagem,
4 — do ar e sua livre circulação,
5 — da vegetação e de suas excreções radiculares.

MICROFLORA EM RELAÇÃO À LATITUDE

Não podemos constatar nenhuma diferença da composição da microflora segundo as latitudes. Os mesmos grupos de microrganismos encontramos do Ártico até o Equador, em contraste com a flora superior (dos vegetais) cujas características mudam completamente. O único que muda, é o número dos microrganismos, que no Ártico é bem mais escasso (1 milhão por g) do que no clima tropical (até 600 milhões por g de terra) (RIPPEL-BALDES, WINOGRADSKY).

A MICROVIDA NA RIZOSFERA

Segundo PAPAVIZAS, a microvida na rizosfera é bem mais intensa, mas também diferente da mais distante da raiz. Nos 1,8 cm rentes à raiz criam-se especialmente micro-sêres que se aproveitam das excreções radiculares. Cada

planta possui a sua rizosfera específica. Assim, por exemplo, criam-se perto da raiz do tremôço *(Lupinus sp.)* especialmente *Penicillium piscarium, Paecilomyces marquandii, Cylindrocarpon radicole,* etc.

WELTE mostra que com diminuído pH o fator r/s (rizosfera/solo) diminui, enquanto aumentam as bactérias tróficas. Isso significa que a rizosfera é tanto mais pronunciada, quanto piores forem as condições gerais do solo. Em solos ricos em minerais e humus a rizosfera não é mais distinta, devido à intensa atividade microbiana geral.

Segundo SCHEFFER, diversas plantas excretam substâncias tóxicas quando plantadas em policultura, por exemplo, o *Trifolium lolium,* o que nunca fazem em monocultura. Estas substâncias (brenzcatequina e também aminoácidos) defendem-nas contra ataques de nematóides de tôda espécie. Atuam como tóxicos contra larvas, mas servem de alimento às bactérias. Por outro lado, as raízes excretam açúcares (xilose, manose, glicose), vitaminas, especialmente muitas espécies de vitamina B (Lisina, Prolina, Colina, Tirosina, etc.) que beneficiam a vida de muitas bactérias e fungos (SULOCHANA). Assim, por exemplo, o fungo *Rhizoctonia solani* (MILLER), que cresce em solos frescos, inibe a proliferação de nematóides como, por exemplo, da *Pratylen penetrans,* que prejudica muitas árvores de pomares.

Muito conhecido é o fato (TUZIMURA e WATANABE) da rizosfera das dicotiledônias beneficiar o desenvolvimento de *Radiobacter,* micróbios extremamente benéficos para muitas culturas agrícolas.

KNAPP verificou que as excreções são específicas às variedades de plantas e são muito diminuídas em sociedades monófitas, porque muitas excreções são tóxicas para outros vegetais e provocam nos mesmos a secreção de substâncias desintoxicantes, especialmente aminoácidos aromáticos. Cada uma destas excreções possui a sua microflora específica.

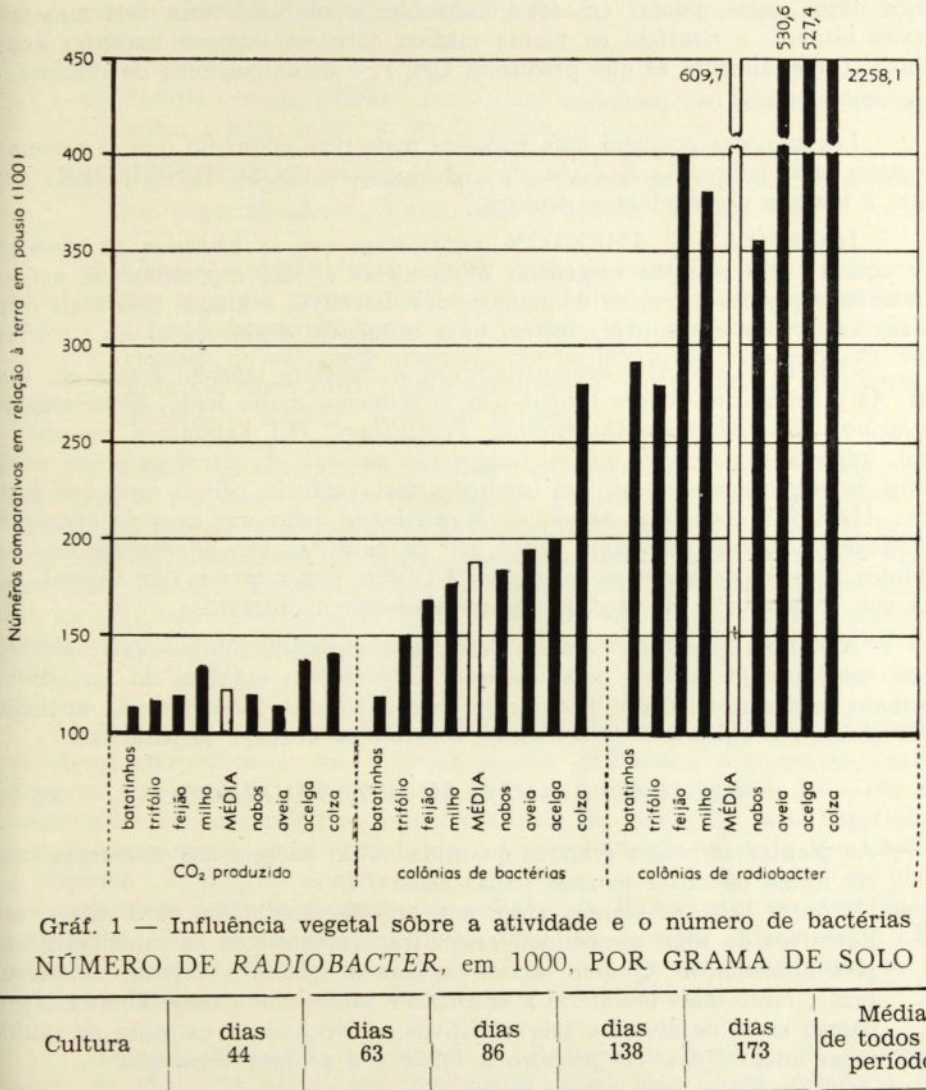
Desta maneira, a vegetação polífita garante uma microflora poliforme que, por sua vez, contribui decisivamente para o bem estar e a saúde vegetal.

O conceito de rizosfera foi introduzido por HILTNER, em 1904, para designar a zona em volta da raiz (até 1,8 cm), que acusa uma elevada atividade microbiana, com raças diferentes das do outro solo. O sinergismo entre os microrganismos e a raiz, que não é ainda tão estreito como a simbiose das bactérias noduladoras e raízes, RUBIN chama de simbiose trófica.

O típico da rizosfera é que tanto bactérias como actinomicetos e fungos encontram aqui um ambiente favorável. Sob condições equilibradas, a microflora trófica é não sòmente a legítima defesa da raiz contra eventuais ataques por parte de parasitas, mas proporciona também os nutrientes necessários em forma orgânica, de fácil absorção e assimilação.

São a fonte de alimentação para a microflora, as excreções radiculares, os aminoácidos, enzimas, vitaminas, CO_2 e, às vêzes, tóxicos (SCHEFFER).

Esta dependência mútua chama-se biocenose. KATZNELSON prova que a população microrgânica trófica difere segundo a idade da planta, sendo menor em plantas novas e maior na época da florescência. Durante a matura-



Gráf. 1 — Influência vegetal sôbre a atividade e o número de bactérias

NÚMERO DE *RADIOBACTER*, em 1000, POR GRAMA DE SOLO

Cultura	dias 44	dias 63	dias 86	dias 138	dias 173	Média de todos os períodos
pousio	540	920	900	320	420	620
aveia	780	7.800	6.320	860	670	3.290
milho	680	2.020	3.180	3.340	960	2.040
feijão	1.980	2.540	4.400	360	1.640	2.180
batatinhas ..	780	980	5.340	1.200	500	1.760
nabos	840	1.540	3.560	2.180	1.380	1.900
acelga	1.400	6.400	3.160	4.000	1.400	3.270
colza	46.600	8.600	6.360	5.120	3.640	14.060
trifólio	1.140	2.000	1.900	900	2.820	1.700

ção aumentam na rizosfera as algas. Reconhece êle aqui, também, uma diferença nítida entre plantas em solos estercados,e adubados com sais minerais. Nestes últimos, a rizosfera da planta madura torna-se rica em bactérias anaeróbias, (especialmente as que produzem CH_4), e decompositoras de celulose, o que não acontece nos primeiros.

Leguminosas possuem uma rizosfera mais rica, enquanto que os cereais a possuem mais pobre. As *Radiobacter* e *Azotobacter* (POSCHENRIEDER) formam a maioria dos simbiontes tróficos.

LOCHHEAD e THEXTON verificaram que as bactérias da rizosfera são aquelas com escassas exigências alimentícias e são, especialmente, as que são animadas pelas excreções de aminoácidos. Bactérias e fungos com mais complexas exigências alimentícias sofrem uma influência desfavorável na rizosfera.

HARLEY e WAID demonstram que a rizosfera também é rica em fungos. As plantas com poucos fungos tem crescimento muito lento. Especialmente *Fusarium, Trichoderma, Rhizoctonia, Penicillium,* são habitantes comuns. É aqui, importante observar, que os fungos são naturais da rizosfera e que justamente êstes que aparecem ali, em condições desfavoráveis, podem tornar-se parasitas. HARLEY considera, assim, as *Mycorrhizas* como um caso de exagerada atividade rizosférica. Devemos supor que os parasitas são adaptações dos habitantes rizosféricos a outras condições. KLOKE prova que a raiz vegetal, por sua vez, se aproveita de produtos do metabolismo microrgânico.

A cultura monófita e mais ainda, a monocultura, provocam distúrbios neste equilíbrio já abalado pela lavração. O problema máximo do lavrador é, portanto, tentar restabelecer, novamente, êste equilíbrio, mesmo sendo artificial, para garantir à cultura êstes benefícios e evitar os ataques de parasitas.

RELAÇÃO PLANTA: MICRORGANISMOS

1 — As plantas fornecem grandes quantidades de energia aos microrganismos em forma de raízes mortas, fôlhas caídas, etc.

2 — De outro lado, as plantas absorvem, por intermédio das suas raízes, sais nutritivos do solo, competindo assim francamente com os microrganismos pela alimentação. Quanto menos variada a cobertura vegetal, (monocultura), tanto mais unilateral a absorção e tanto mais desequilibrada a proporção entre os diversos sais nutritivos, provocando a extinção de muitas raças microbianas, em prejuízo à fofice e a própria vegetação.

3 — Os vegetais excretam consideráveis quantidades de CO_2, aumentando, com isso a solubilidade de compostos inorgânicos e modificando a reação (pH) do solo tornando-o mais ácido. Por isso terras, leves e arenosas, mal tamponadas, acidificam com facilidade.
Porém, excretam também aminoácidos, vitaminas, açúcares e tóxicos, servindo de alimentação aos microrganismos, criando assim, na rizosfera, certas raças de micro-sêres, particulares a cada planta.

4 — As plantas retiram grandes quantidades de água do solo, influindo, dessa maneira, desfavoràvelmente sôbre a microvida.

5 — É decisiva a influência dos vegetais sôbre a estrutura do solo, podendo ser esta favorável ou prejudicial aos micróbios. Distinguem-se, por isso, três grupos de plantas:

a) Plantas recuperadoras: beneficiam a fofice e a microvida como ervilha, cebola, colza, feijão de porco, mucuna, etc.

b) Plantas exigentes: prejudiciais à estrutura do solo e a microvida, como trigo, algodoeiro, linho, cana-de-açúcar, cafeeiro, etc.

c) Plantas modestas: com relação, tanto à estrutura, como à microvida, por exemplo, centeio, milho, etc.; relativo à estrutura, porém prejudiciais à microvida, como aveia, trevo, etc., provocando fàcilmente o cansaço do solo pela multiplicação unilateral de uma raça da microflora ou microfauna (como nematóides) (ZEILINGER, WAKSMAN, SEKERA, KLAPP, e muitos outros).

Clima — planta — microrganismos — estrutura da terra — planta — clima, encontram-se em uma relação reciprocíclica que deve ser bem entendida, porque a estrutura da terra influi sôbre a cobertura vegetal que, por sua vez, decide sôbre o microclima. O clima, vice-versa, influi sôbre a coberta vegetal, que tem influência decisiva sôbre a microvida e esta, por sua vez tem, influência na estrutura da terra. Quer dizer, se o ciclo não é equilibrado, sempre piorarão, tanto o clima como a vegetação, até que sobrevém o pântano ou o deserto

A bactéria que é mais influenciada pela cobertura vegetal é a *Radiobacter* ou *Agrobacter*. Cria-se em colônias macias, brilhantes, com centro opaco e margens transparentes. Cresce muito perto das raízes vegetais. Não são mais encontradas as suas colônias, numa distância de 30 cm da raiz. Especialmente as leguminosas estimulam o seu desenvolvimento e onde êste aparece, o consumo de nitratos é aumentado. Podemos exemplificar: tôdas as plantas que aumentam o desenvolvimento de colônias de *Radiobacter* exercem um efeito benéfico sôbre as culturas seguintes, como por exemplo: cebola, colza *(Brassicacea oligenosa)*. Usa-se, portanto, para calcular o valor recuperativo de uma cultura, contar as colônias de *Radiobacter*. (WAKSMAN).

Segundo NELLER, o número de *Radiobacter* depende do desenvolvimento da planta. A planta em crescimento exerce uma direta influência sôbre a decomposição de matéria orgânica no solo através de microrganismos e com isso sôbre a liberação de nutrientes, que por sua vez estimula o crescimento vegetal.

INFLUÊNCIA DAS PLANTAS SÔBRE O NÚMERO DOS MICRORGANISMOS E A PRODUÇÃO DE CO_2 (seg. NELLER)

Planta	Bactérias por grama de solo em milhões	Reação do solo pH	CO_2 Produzido por kg de solo em 24 h a 20° C em mg
Triticum vulgare	49	6.75	69,4
Secale cereale	42	6,44	68,2
Avena sativa	45	6,42	79,0
Beta vulgaris	78	6,89	74.3
Medicago sativa	120	6.89	86,8
Trifolium pratense	—	6.66	82,4

Verificamos, pois, que quanto maior a produção de massa verde e, portanto, quanto mais intenso fôr o enraizamento do solo, tanto mais intensiva a respiração do solo, quer dizer, a produção de CO_2. WAKSMAN e STARKEY responsabilizam as bactérias, que envolvem a raiz como uma película, pela maior produção de gás carbônico.

RIZOSFERA E MICORRIZA

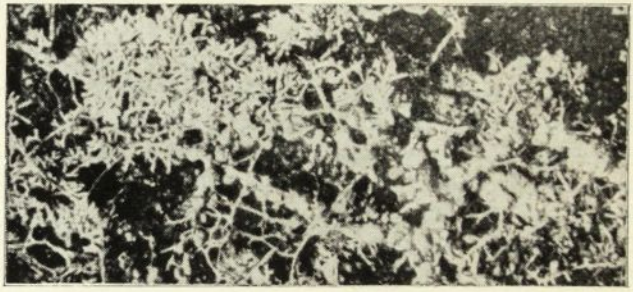


Fig. 11 — Micorriza ectótrofa na raiz do *Pinus silvestris* (seg. RUSSELL).

Assim, por exemplo, encontramos na rizosfera do milho:

Milho	Bact. por grama de material sêco		
	Fungos	Bactérias	pH
Terras sem raízes	100.000	5.000.000	4.8
Terra nas raízes	800.000	26.000.000	5.2
Fio de raiz	7.000.000	136.000.000	5.6

Estas bactérias são gram-negativas e não formam esporos.

Invernadas com diferentes variedades de plantas são bem mais ricas em microrganismos que terras de cultura com monoculturas. Explica-se isso pela maior quantidade de diferentes raízes e o fornecimento perpétuo de matéria orgânica, e de distintas excreções radiculares.

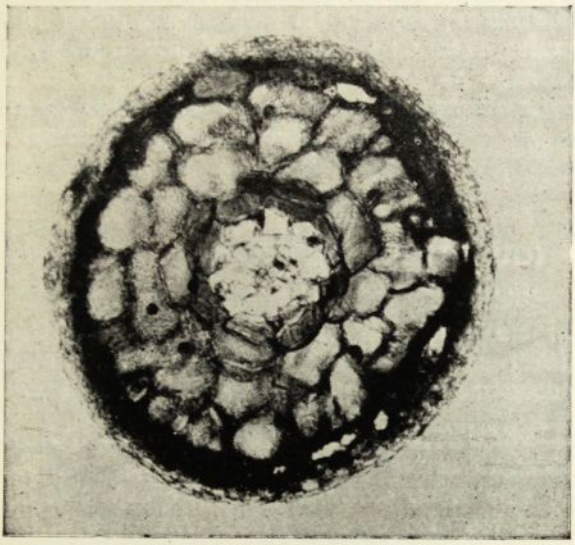


Fig. 12 — Corte transversal, duma raiz associada com micorriza *Boletus bovinus* (seg. RUSSELL).

ASSOCIAÇÃO DE FUNGOS COM RAÍZES VEGETAIS:

GARRETT distingue estritamente:

a) os fungos saprófitas, não específicos à planta, que as vêzes atacam como parasitas às raízes novas das mudas de árvores, nos viveiros;

b) os fungos, específicos à planta, que vivem em simbiose radicular.

Os fungos parasitas, como *Pythium, Fusarium, Rhizoctonia solani* e outros, atacam sòmente raízes novas de plantinhas recém-nascidas, quando o ambiente não é muito favorável ao desenvolvimento dessas plantinhas (épocas frias e úmidas). As raízes mais velhas, e conseqüentemente mais duras, com mais abundante microflora em sua rizosfera, não são mais atacadas pelos fungos (COMB).

Os estragos nos viveiros são especialmente grandes, quando a umidade do solo é elevada, numa época em que predominam ainda temperaturas baixas, não permitindo assim o normal desenvolvimento das mudinhas. Em épocas frias, a assimilação de potássio, cobre e manganês é bastante dificultada e a alta umidade dificulta muito a absorção normal do nitrogênio e cálcio. Sabemos, por outro lado, que exatamente o potássio e cálcio contribuem decisivamente para o fortalecimento do tecido vegetal, imunizando-o desta maneira contra os ataques da microflora. (LEACH).

Existem variedades de micorrizas, completamente inofensivas às árvores silvestres, porém, parasitas nas raízes de seringueiras *(Hevea)* e do chá-da-Índia *(Thea sinensis)*. Assim as *Armilaria melea, Fomes lignosus* e *Fomes anosusa* atacam sòmente raízes maduras. Envolvem as raízes das árvores silvestres com uma pelúcia, sem penetrá-las, porém. Plantando um terreno dêstes com seringueiras ou teeiras, plantas que já sofreram seleção cultural, logo também são populadas por êstes fungos, sem que os mesmos as judiem. Sobrevindo, porém, a primeira sêca, as teeiras e seringueiras sucumbem à ação parasitária dos fungos. (RUSSELL).

Temos de tomar em consideração êste fato, caso plantarmos teeiras ou seringueiras num terreno recém-desbravado. Especialmente a *Fomes lignosus* é bastante prejudicial a estas culturas, que muitas vêzes existem em grandes quantidades no chão. Exterminam-se êstes fungos, fàcilmente, com um corte circular em volta da árvore silvestre viva. A árvore morre e com ela os fungos.

Fig. 13 — Micorrizas na raiz de *Pinus sylvestris* (seg. RUSSELL).

MICORRIZAS

A designação «*Mycorrhiza*» foi dada por FRANK aos fungos que vivem em simbiose com a raíz de árvores.

Êles sòmente desenvolvem bem em terras bem arejadas e fôfas, com adequada camada de humo (RAYNER). Não gostam de água estagnada.

Encontramos, por isso, mais fàcilmente micorrizas em terras arenosas que em argilosas. Parece que a micorriza é a defesa legítima das árvores às escassas condições de nutrição. Os fungos simbióticos tornam os nutrientes acessíveis às raízes, proporcionando dêste modo um melhor desenvolvimento.

O abastecimento em fósforo aumenta consideràvelmente a presença de micorrizas nas raízes, enquanto que estas ficam reduzidas, com maior disponi-

bilidade de nitrogênio (BJÖRKMAN). Além disso, não sòmente a absorção do P é melhor em raízes com micorrizas, mas também a migração do P dentro da planta é mais rápida (MORRISON), provocando um melhor desenvolvimento vegetal.

BALFOUR apurou que também leguminosas, batatinhas e gramíneas possuem micorrizas e as plantas que não as possuem são estimuladas por fungos que decompõem humus.

A maioria das micorrizas são himenomicetos das espécies *Boletus amanita e Bol. lactarius*. Mas encontramos também gasteromicetos, como o *Rhizopogon* e ascomicetos, como *Tuberales* e *Elaphomyces* (DUNBLEBY).

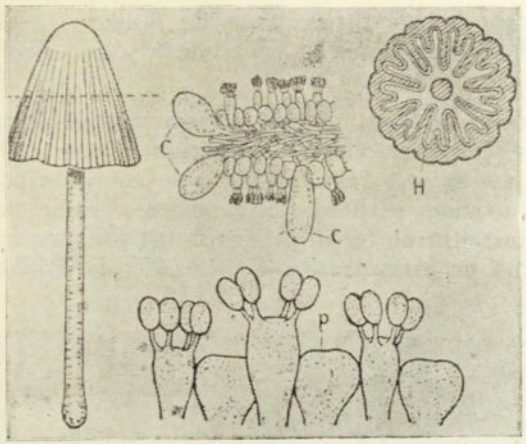


Fig. 14 — "Basidiomicetos": A) Chapéu dum coprinus; H) Himênio (corte transversal do chapéu); C) Parte da lamela com pequeno aumento; P) Parte da lamela com maior aumento, mostrando os basídios, com quatro basidiospórios (RAWITSCHER)

Tôdas as micorrizas são típicos «fungos de açúcar» porque usam como fonte de seus carboidratos, açúcar, enquanto os fungos não simbiontes utilizam celulose e lignina. GARETT apurou que, se as micorrizas estiverem bem providas com carboidratos pela árvore, podem concorrer eficazmente na disputa de nutrientes com os outros microrganismos do solo, mesmo se êstes nutrientes são escassos, devido à vantagem que êles têm no suprimento em energia. Se existem, porém, tão poucos nutrientes no solo, que nem os fungos conseguem absorver o suficiente para o seu desenvolvimento, a árvore cresce muito vagarosamente e não pode fornecer mais suficiente energia ao fungo, cujo vigor está cada vez mais diminuido, até ambos morrerem. (RAYNER, MITCHELL).

Reconhecemos três tipos de micorrizas:

a) Perítrofas, onde os fungos desenvolvem sòmente na casca da raiz, envolvendo-a sem penetrar. Não há, portanto, uma ligação entre o tecido celular.

Tratam-se aqui de «companheiros» das raízes. São especialmente da família de basidiomicetos, de ascomicetos, como *Penicillium sp.*, de ficomicetos, como *Mucoraceaes sp.* e *Fungi imperfecti.*

A importância dêles reside na regulação do pH nas imediações das raízes.

b) Ectótrofas, onde a maior parte do fungo vive ainda fora da raiz, existindo sòmente uma ligação muito sôlta entre raiz e fungo.

c) Endótrofas, onde os fungos entram completamente na raiz, como acontece, por exemplo, nas orquídeas. Quase tôdas as árvores florestais têm as suas raízes densamente povoadas por fungos, os quais, porém, sòmente se desenvolvem entre a epiderme e o parênquima. A planta retira do fungo os sais nutritivos, enquanto o fungo recebe da planta os assimilados. (GARRETT, HARLEY).

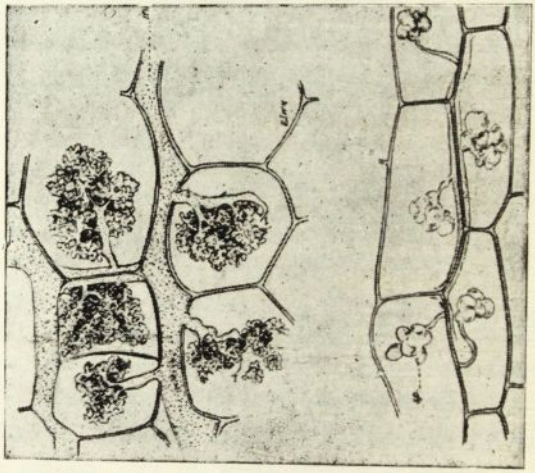


Fig. 15 — Arbúsculos de micorriza endótrofa, aumentados 600 vêzes (seg. RUSSELL).

A infecção nas orquídeas é diferente. Existem variedades que nem possuem raízes e onde os fungos se encarregam das funções delas. Encontramos, pois, três tipos de células nas orquídeas:

1 — Células hospedeiras, onde o fungo desenvolve as suas hifas.

2 — Células intestinais, onde as hifas do fungo são absorvidas pela planta.

3 — Células normais, onde não há fungos. (BURGES).

As sementes extremamente pequenas das orquídeas não possuem reservas de nutrientes como as outras sementes. Elas estão inteiramente dependentes dos fungos que as infectam e não podem germinar sem os mesmos, nem crescer, porque têm de ser «amamentadas» pelos fungos na primeira época de sua vida.

As micorrizas endótrofas são bem mais freqüentes que as ectótrofas. Em épocas adversas, provocam um crescimento profuso, porém muito reduzido, das raízes vegetais, o chamado «crescimento em rosetas», bem conhecido na deficiência de zinco, que também neste caso é patente.

Se perduram estas condições de alimentação precária (época de sêca), as micorrizas enfraquecem tanto a raiz vegetal que permitem finalmente a entrada de fungos parasitas que causam a podridão da raiz, como, por exemplo, o *Pythium, Fusarium, Verticillium, Rhizoctonia solani,* etc. (HILDEBRAND, O'BRIEN).

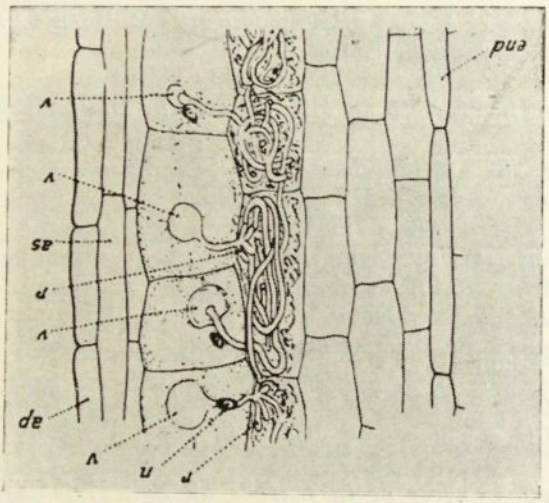


Fig. 16 — m) Micélio intercelular; v) vesículos e arbúsculos; sp) esporângiolos; end) endoderme ap, as) epiderme (seg. RUSSELL).

ALLEN,N. e WALKER,R.L. et al. U.S.D.A. Tech. Bull. 1090, 1954.
AUDUS,L.J. Plant and Soil, 3:170, 1951.
BALFOUR, (1948), citado em MORRISON,T.M. New Phytol. 61:10-30, 1962.
BJÖRKMAN,O. Symb. Bot. Upsalienses 6:1-191, 1942.
BRAUN,H. Ref. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 101 (3):215, 1963.
BURGES,A. «Introducción a la Microbiologia del Suelo», 1960, Zaragoza.
CHOLODNY,N e ROSSI,J. Nuevi Ann.dell'Agricolt. 7:92-457, 1938.
Arch. Mikrobiol. 1:620, 1930.
DUNBLEBY,G.W. J. Forestry 26:41, 1953.
FEHÉR,D. Arch. Mikrobiol. 5:421, 1934.
FRANK,B. Ber. deut. bot. Ges. 3:128, 1885.
FRANZ,H. Z. Wissensch. Weltbild. 100-108, 1962.
FRIEDERICHS,K. Zoologie Bd. 1:376-399, 1930.
GARRETT,S.D. New Phytol. 50:149, 1951.
«The Biology of Root infecting Fungi», 1956, Cambridge.
GRACANIN,M. e GEORGIEV,M. Fac. Sci. Nat. Univ. Skopje, 5-18, 1962
GÖRBING,J. «Die Grundlagen der Gare im Praktischen Ackerbau». 1944, Hannover.
HABLEY,J.L. Biol. Rev. 23:127, 1948.
HARLEY,J. «The Biology of Mycorrhiza», 1959, London.
HARLEY,J. e WAID,J.S. Trans. Brit. Mycol. Soc. 38:104, 1955.
HILDEBRAND,A.A. Canad. J. Res. 11:18, 1934.
HILTNER,L. Arb. deut. landw. Ges. 98:59, 1904.
HOFMANN,E. e HOFMANN,G. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 97:92-100, 1963.
HOFFMAN,T. e LEES,H. Biochem. J. 54:579, 1953.
IVANIC,M. Zoolog. Anz. 74:313-321, 1928.
KATZNELSON,H. Soil Sci. 62:343, 1946.
KLAPP,E. «Wiesen und Weiden, 1956, Berlin.
KLOKE,A. Z. Acker u. Pflanzenb. 103:181-188, 1957.
KNAPP,R. Planta, 45:106-117, 1955.
KÜHNELT,W. «Soil Biology», 1961, London.
LEACH,L.D. J. Agric. Res. 75:161, 1947.
LOCHHEAD,A.G. e THEXTON,R.H. Canad. J. Res. 18:42, 1940.
LUNDEGARDH,H. «Klima und Boden in Ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben», 1925, Jena.
LOUB,W. Sixième Congrès de la Science du Sol, III,15:87-93, 1956, Paris.
McCOMB,A.L. J. Forestry, 36:1148, 1938.
MATTES,O. Zool. Anz. 76:45-53, 1928.
MEHLICH,A. e TRUOG,E. Soil Sci. 38, 1934.
MEHLICH,A. J. Ass. Off. Agric. Chem. 36:445, 1953.
MENGEL,K. e MARSCHNER,H. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 100(3): 193-215, 1963.
MILLER,P.M. e WAGGONER,P.E. Plant and Soil, 18:45-52, 1963.
MITCHELL,H.L., FINN,R.F. e ROSENDAHL,R.O. Blak Rock Forest Pap. nº 10, 1937.
MOLLISON,J.E. J. Gen. Microbiol. 2:54, 1948

MORRISON,T.M. *New Phytol. 61:10-30,* 1962.
NELLER,J.R. *Soil Sci. 10:29,* 1920.
NEWMAN,A.S. *et al. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 16:21,* 1952.
NORMAN,A.G. *Ann. App. l. Biol. 17:575,* 1930.
Soil Sci. 55:337, 1943.
O'BRIEN,D.G. *e* Mc NAUGHTON,E.J. *West of Scot. Agric. Coll. Res. Bull. 1,* 1928.
PAPAVIZAS,G.C. *e* DEVEY,C.B. *Plant and Soil, 14:215-236,* 1961.
PARKS,D. *Trans. Brit. Mycol. Soc. 38:130,* 1955.
PÉRIGAUD,S. *Compt. Rend. Acad. Agric. France, 48:189-194,* 1962.
POSCHENRIEDER,N. *Zbl. Bakt. II, 80:369,* 1930.
PRIMAVESI,A. *et al. Proc. Sci. Soc. Amer. 28:4,* 1964.
RAWITSCHER,F. *«Elementos básicos de Botânica»* 1951, São Paulo.
RAYNER,M.C. *«Trees and Toadstools»* 1945, London.
RENDING,V.V. *e* McCOMB,E.A. *Plant and Soil, 14:176-186,* 1961.
ROUSCHEL,C. *e* STRUGGER,S. *Naturwiss. 31:300,* 1943.
RUBIN,B.A. *Ciencia Sov. Vol. 2:64-65,* 1956.
RUSSELL,E.J. *«Plant Nutrition and Crop Production»,* 1947, London.
RUSSELL,E.W. *«Soil Conditions and Plant Growth»,* 1961, London.
SCHEFFER,F. *«Der Stickstoff»* 1956, Berlin.
SCHEFFER,F. KICKUT,R. *e* VISSE,J.K. *Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 98: 114-120,* 1962.
SCHOLEFIELD,P.G. *Soil Sci. 75:279,* 1953.
SEKERA,F. *Z. Bodenk. Pflanzenern. 6:259-288,* 1938.
SINGH,B.N. *Nature, 161:140,* 1948.
STARKEY,R.S. *Phytopath. 22:837,* 1932.
SULOCHANA,C.B. *Plant and Soil, 16:327-334,* 1962.
TOSCHEVIKOVA,A.G. *Trudy Sredn. Gosad. (Taschkent),* 1954.
TUZIMURA,K. *e* WATANABE,I. *Soil Sci. and Plant Nutr. 8:153-157,* 1962.
ULRICH,A. *Th. Mitt. Forstw. u. Forstwiss. 4:283-323,* 1933.
VETTER,H. *Z. Acker- u. Pflanzenb. 113:413-424,* 1961.
VOISIN,A. *«Über die Verbindung der Gesundheit des modernen Menschen mit der Gesundheit des Bodens»,* 1962, Köln.
WAGNER,R.Z. *Gärungsphysiol. 4:289,* 1914.
WAKSMAN,S.A. *«Principles of Soil Microbiology»* 1927, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. *e* WOODRUFF,H.B. *Soil Sci. 50:421,* 1940.
WAKSMAN,S.A. *Soil Sci. 43:51,* 1937.
WAKSMAN,S.A. *«Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances»,* 1947, New York.
WAKSMAN,S.A. *e* STARKEY,R.S. *Soil. Sci. 17:141,* 1924.
WEAVER,J.E. *e* CLEMENTS,F.E. *«Ecologia Vegetal»* 1950, Buenos Aires.
WIERSUM,L.K. *Plant and Soil, 15:189-192,* 1961.
WINOGRADOW,A.P. *«Spurenelemente in der Landwirtschaft»,* 1958, Berlin.
WINOGRADSKY,S.N. *Ann. Inst. Pasteur, 39:299-354,* 1925.
WINOGRADSKY,S.N. *«Microbiologie du Sol»,* 1949, Paris.
ZEILINGER,A. *«Landwirtschaftliche Mikrobiologie»,* 1959, Wien.
ZIEMIECKA,J. *Zbl. Bakt. II, 91:379,* 1935.

46

CAPÍTULO II

MICRORGANISMOS DO SOLO

CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DOS MICRORGANISMOS 49
IMPORTÂNCIA DA UMIDADE NO SOLO 70
ELEMENTOS NUTRITIVOS 72
TEMPERATURA 73
O PODER-TAMPÃO DA TERRA 74
A REAÇÃO DO SOLO, O pH 75
INTENSIDADE DA VIDA BAC. E O RENDIMENTO AGRÍCOLA.. 75
DISTRIBUIÇÃO DAS VARIEDADES DE MICRORGANISMOS ... 76
ATIVIDADE DOS MICRORGANISMOS NO SOLO 78
FORMAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS 78
FORMAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO 79
FORMAÇÃO DE METANO 82
O HUMO 82
A HUMIFICAÇÃO 87
BIBLIOGRAFIA 88

A: MICROFAUNA E MESOFAUNA — 20% DOS MICRORGANISMOS DO SOLO seg. KÜHNELT.

I — PROTOZOÁRIOS

a) predatórios (amebas, flagelados, ciliados)
b) saprozoontes e micófagos (tecamebas)

II — VERMES (escolecidas e anelidas)

a) saprozoontes (nematóides, rotatórios, *Oligochaeta* ou minhocas)
b) predatórios (turbelários, rotatórios, nematóides)
c) citófagos, planositas e parasitas (espec. nematóides)
d) omnívoros (nematóides)

III — MOLUSCOS e ARTRÓPODES

a) predatórios e citófagos (como ácaros, moluscos, pterigotos i. é. percevejos, cupins, formigas, etc. e apterigotos)
b) coprófilos (especialmente pterigotos)
c) planositas (moluscos, pterigotos)
d) parasitas (ácaros, pterigotos)

B: MICROFLORA — 80% DOS MICRORGANISMOS DO SOLO

I — ALGAS (do solo) seg. WAKSMAN

a) *Chlorophyceae* (verde)
b) *Myxophyceae* (verde azulada)
c) *Bacillariaceae (Diatomaceae)* (parda, sem clorofila)

II — FUNGOS (com um «optimum» de pH entre 3,o a 5,5) seg. GARRETT

a) «de açúcar»: 1 — que vivem dos glicídios dos detritos orgânicos,
2 — que vivem das excreções açucaradas das raízes,
3 — micorrizas,
b) decompositores de celulose (ficomicetos e ascomicetos)
c) decompositores de lignina (basidiomicetos)
d) decompositores de humo (ascomicetos)
e) coprófilos (basidiomicetos)
f) parasitas ocasionais e fungos predatórios (ficomicetos)
g) parasitas obrigatórios (arquimicetos, ficomicetos, ascomicetos e basidiomicetos, especialmente as espécies de fungos imperfeitos)

III — ACTINOMICETOS — microrganismos autóctones (com um «optimum» de pH entre 6,5 a 9,0) :

a) Estreptomicetos e micromonosporos — pràticamente são ainda fungos.
b) Actinomicetos, pròpriamente ditos.
c) Nocardias — pràticamente são, já, bactérias.

IV — BACTÉRIAS (com um «cptimum» de pH entre 5,5 a 7,5):
seg. ROBINSON

a — Autótrofas:

1 — nitrificantes *(Nitrobacter, Nitrosomonas, Nitrosocistis, Nitrosospira, Nitrosoglea)*;
2 — bactérias da sulfidicação *(Thiobacter)*;
3 — bactérias da oxidação de ferro, manganês, selênio, etc.;
4 — bactérias que usam hidrogênio como fonte energética *(Hidrobacter)*;
5 — bactérias que usam compostos inorgânicos como fontes energéticas (CO, CH_4).

b — Heterótrofas:

1 — que fixam nitrogênio:

a) bactérias que vivem independentes:
— *Azotobacter* (aeróbio), *Aerobacter, Radiobacter;*
— *Clostridium* (anaeróbio) produzindo ácido butírico;

b) bactérias que vivem em simbiose *(Rhizobacter)*;

2 — que reduzem nitratos (bactérias da amonificação);
3 — que decompõem celulose, hemicelulose, lignina e outras matérias fibrosas.

Existem muitas classificações das bactérias; assim, ZEILINGER distingue, segundo a forma:

1 — bacilos:
a) esporogênicos;
b) não esporogênicos;
2 — cocos;
3 — vibriões;
4 — espirilos.

WAKSMAN divide-as segundo seu «optimum» de temperatura em:

1 — psicrófilas — com um «optimum» de temperatura de 10°, suportando até — 7°C;
2 — mesófilos — com um «optimum» de temperatura entre 15° a 25°C;
3 — termófilos — cujo «optimum» de temperatura está entre 50° a 60°C.

Podemos constatar, porém, que temperaturas abaixo de 18° favorecem os fungos.

FRANZ classifica os micróbios segundo o grau de umidade que êles preferem:

1 — nadadores (bactérias flageladas) vivendo sòmente na água;
2 — císticos e esporogênicos (que suportam bem a sêca);

3 — não esporogênicos (suscetíveis à sêca).

Outros autores dividem as bactérias em aeróbias e anaeróbias, etc.

Cada classificação tem suas vantagens e desvantagens. Nenhuma dá conta de tôdas as qualidades das bactérias.

A classificação dos microrganismos do solo é das mais difíceis que existe, e cada autor promove a sua própria, conforme o seu ponto de vista.

GARRETT divide a população do solo em:

1.) parasitas obrigatórios,
2.) parasitas ocasionais,
3.) verdadeiros organismos do solo:
   a — autóctones dos solos naturais,
   b — zimogênicos das terras de cultura.

Êle compreende por parasitas obrigatórios, todos os organismos da microflora e micro e meso-fauna que dependem de um hospedeiro, quanto a sua alimentação.

Êles podem existir, porém, por muito tempo, em estado latente ou semilatente no solo, podendo apresentar neste, uma breve fase transitória de migração (nematóides). Se faltar o hospedeiro por muito tempo, o parasita não resiste à concorrência dos outros microrganismos saprófitas do solo e morre.

GARRETT entende por parasita temporário ou ocasional, a todos aquêles onde existe o parasitismo, concomitantemente com a vida saprofítica. Incluem-se neste grupo também os fungos micorrizas, e as bactérias e actinomicetos noduladores (BURGES).

Esta classificação não diz respeito, porém, à multiplicidade dos organismos que vivem no solo, e ressalta, especialmente, o parasitismo que, dentro dos microrganismos, perfaz uma parcela insignificante.

CLASSIFICAÇÃO ECOLÓGICA

A classificação ecológica da microfauna e microflora é a única admissível na Agricultura. Esta, que diz respeito a sua morfologia, sòmente permite seu enquadramento em famílias, mas não indica nada sôbre as suas propriedades e atividades, que ùnicamente interessam ao agricultor.

É evidente, que a classificação morfológica, que existe na Medicina, Veterinária e, de qualquer maneira, também na Fitopatologia, é inaceitável à Ciência do Solo.

O que interessa à Medicina é identificar o microrganismo para saber-se qual o meio de o combater, porque a Medicina sòmente se ocupa com um microrganismo quando êste se encontra em estado de patógeno ou parasita.

O agrônomo moderno, e em particular o cientista do solo, consideram o microrganismo principalmente no seu «estado ecológico», como decompositor de açúcar, proteína e celulose, ou como organismo heterótrofo ou autótrofo, ou como saprófago, citófago, predatório, etc.

Os homens também podem ser classificados segundo diversos pontos de vista. O antropólogo só quer identificar o indivíduo e classifica-o, por isso, morfològicamente em eslavos, índios, mongóis, germanos, semitas etc.

Ao economista sòmente interessa a classificação ecológica e divide portanto os homens segundo a sua profissão ou sejam, médicos, engenheiros, sapateiros, pedreiros, comerciantes, agricultores, operários, etc.

Ao militar não interessa nem a morfologia, nem a ecologia, classificando os homens segundo a sua propriedade combativa: infante, artilheiro, marinheiro, aeronauta, etc.

Qual destas é certa?

Na botânica, os cientistas foram obrigados a admitir, há tempo, que a sua classificação morfológica só tem valor científico, servindo para a denominação dos indivíduos. Na prática, porém, o agricultor divide as suas culturas em legumes, verduras, cereais, forrageiras, fibras, tubérculos, etc., sem a mínima consideração à classificação botânica. Não interessa, ao agricultor, que na rubrica dos legumes estejam solanáceas, leguminosas, malváceas, etc., e ninguém se sente chocado com o fato de a prática dividir as malváceas em fibras, legumes, flôres e inço. Desta maneira, o agrônomo moderno classifica os microrganismos ecològicamente, em desconsideração ao fato de ter de colocar ascomicetos, basidiomicetos, e ficomicetos juntos num grupo de fungos saprófitas. Classifica, entre organismos citófagos, tanto protozoários, como fungos e insetos e divide as amebas em predatórias, citófagas, saprófitas e parasitas.

É evidente que, no domínio de microrganismos, é mais difícil de aceitar uma ou outra classificação, porque são sêres invisíveis cujas atividades e propriedades só pelo técnico podem ser apuradas. Porém, quem já viu um átomo? Mesmo assim, em tôdas as escolas do mundo aprende-se a física nuclear, porque não é necessário ver quem provoca uma ação, mas sim, é necessário verificar a própria ação, que por si mesma, testemunha a existência de um fator ativo.

MICRO E MESOFAUNA

Segundo FRANZ, os animais do solo vivem em perfeita adaptação ao ambiente, em uma biocenose com as raízes e a microflora. Normalmente, cada desequilíbrio criado por alguma modificação no setor alimentar, gera equilíbrio a si próprio, provocando a multiplicação unilateral de uma raça de bactérias e o súbito desenvolvimento de outros sêres predatórios que, se aproveitando disso, aniquilam, primeiro a raça que proliferou, e desaparecem depois.

O mais interessante da micro e mesofauna é, sem dúvida, a propriedade de modificar a sua forma, côr e hábitos, segundo o ambiente. Esta mutação pode ser tão grande que se assemelham a outras variedades. Diferentes temperaturas e alimentação, especialmente, influem radicalmente sôbre a forma e os costumes da micro e mesofauna (MÜLLER, GISIN), fato aliás bem conhecido nas abelhas e borboletas.

Também a microflora possui esta propriedade como provam UNZ e LUNDGREEN nas bactérias de *Thiobacillos thioxidans*, que tanto oxidam en-

xôfre e ferro, como manganês, mas que até hoje foram tomadas por diferentes bactérias, devido a diferentes processos de oxidação que executam.

O que interessa ao agricultor não é tanto a morfologia da micro e mesofauna, porém o seu modo de convivência.

NÚMERO DE MICRORGANISMOS

Dados aproximados de número e pêso de microrganismos nos 15 cm superficiais da terra de cultura
(seg. SCHEFFER).

MICROFLORA	número por grama	pêso kg/ha
bactérias	600.000.000	10.000
fungos	400.000	10.000
algas	100.000	140
MICROFAUNA	**por dm³**	**pêso kg/ha**
rizópodes flagelados ciliados	1.500.000.000	370
METAZOOFAUNA	**por dm³**	**pêso kg/ha**
nematóides	50.000	50
colembolos	200	6
ácaros	150	4
Lumbricidae	2	4.000
centopéias	14	50
insetos e moluscos	11	57
enquitreídeos	20	15

Podemos distinguir 5 grupos:

1 — PREDATÓRIOS, incluindo também os micófagos e bacteriófagos.
Êles controlam, eficazmente, a micro e mesofauna, e também a microflora.

2 — SAPROZOONTES,
que vivem sòmente de matéria orgânica morta e que têm a maior significação na promoção da fertilidade do solo.

3 — COPRÓFILOS,
que vivem no estrume, decompondo tanto a matéria orgânica, como devorando bactérias vivas e mortas que ali se encontram em abundância.

4 — CITÓFAGOS ou PLANOSITAS (Pseudoparasitas),
que vivem de células vegetais vivas. Não entram no tecido, mas migram de uma a outra planta (STEINER), sem prejudicá-las.

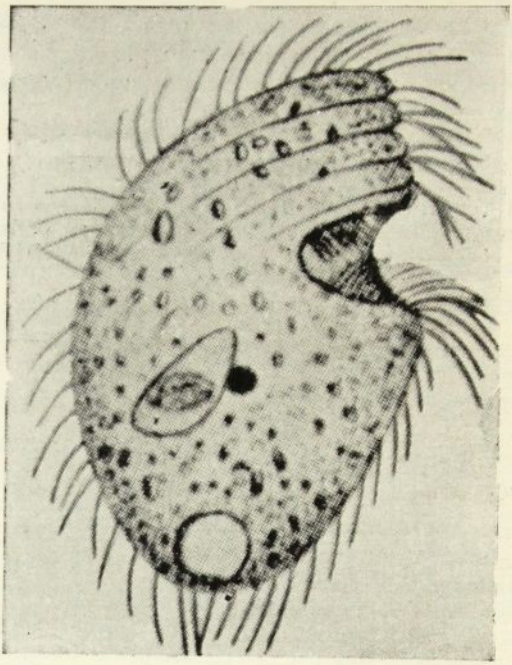


Fig. 17 — Ciliado *Colpoda steinii* (KÜHNELT).

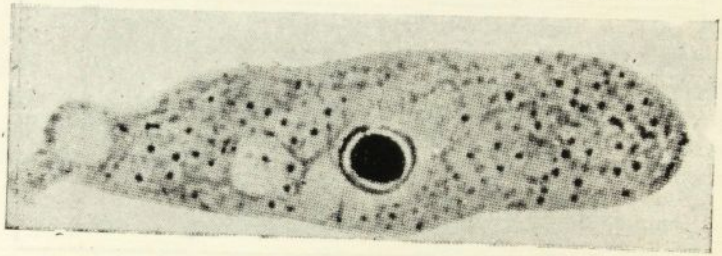


Fig. 18 — Ameba *Vahlkampfia soli* (KÜHNELT).

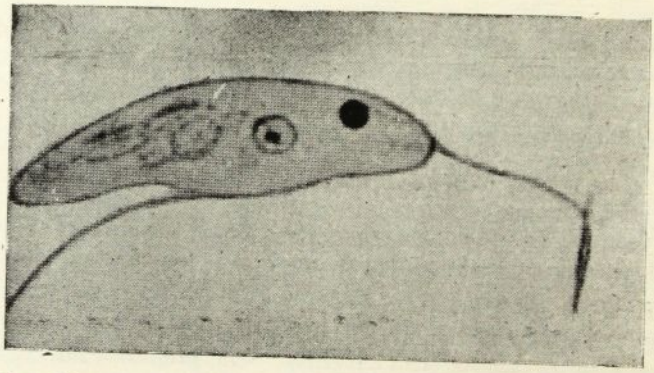


Fig. 19 — Flagelado: *Bodo caudatus* (KÜHNELT).

5 — PARASITAS,

que entram no vegetal onde passam tôda sua vida.

a) Parasitas que vivem em simbiose com o vegetal (VUILLEMIN e LEGRAIN).

b) Parasitas verdadeiros.

MICROFAUNA PREDATÓRIA

Inclui todos organismos predatórios, canibais, micófagos e bacteriófagos, estendendo-se a significação da palavra «bacteriófago» a todos os micro-sêres que se nutrem de bactérias. Na Agricultura, não é possível aceitar a estrita significação de «bacteriófago» que a Medicina usa. Enquadram-se aqui, quase todos os protozoários, grande parte dos vermes inferiores (escolecidas), parte dos moluscos, aracnídeos, todos os apterigotos, como os colembolos, e parte dos pterigotos.

Os protozoários são organismos unicelulares cujo tamanho varia de poucos micros até 4 a 5 mm. As formas existentes no solo são bem menores que as da água. Necessitam de suficiente umidade porque só se movimentam na película de água que envolve os grumos do solo, logo se encistando quando esta faltar, o que chamou a atenção. Há, porém, variedades que se desencistam logo que a umidade suba a 1/6 da capacidade retentora do solo. O encistamento faz parte do ciclo vital de vários protozoários e a saída do cisto depende de bactérias que vivem na vizinhança e que, aparentemente, estimulam-na (CRUMP, citado por RUSSELL.)

A maior parte dos protozoários são predatórios, como as amebas, ciliados e flagelados, vivendo de bactérias, mas também da micro e mesofauna (IVANIC, MATTES).

Êles reduzem consideràvelmente a microflora do solo (KOPELOFF). Alguns protozoários são altamente especializados, como o flagelado *Euglenia,* que vive sòmente de flavobactérias, porque aprecia grandemente a vitamina B12 que nelas se encontra (LWOFF).

A base da vida dos protozoários é, portanto, uma rica microflora. CUTLER e CRUMP mostram que num grama de um solo agrícola podem viver 26.000 amebas *Naegleria,* mas podem aumentar dentro de 24 horas a 416.000 quando encontram alimento suficiente; nesta fase de franca multiplicação elas devoram nada menos de cinqüenta e dois milhões de bactérias (52.000.000).

Onde há muitas amebas, a vida das bactérias é curta; mas com a redução do número delas, reduz-se igualmente o número de amebas, que agora carecem de alimentação.

Quase todos os protozoários, com exceção das tecamebas, a maior parte dos vermes inferiores e parte dos artrópodes vivem de microrganismos. O canibalismo também não é raro e especialmente o nematóide *Mononchus pappilatus* devora, por dia, segundo STEINER e HEINLY, até 83 larvas do nematóide parasita *Meloidogyne sp.*

Até as minhocas são prêsas da mesofauna predatória, especialmente de nematóides, moluscos e formigas.

Segundo RIHA, considerável parte da microfauna ataca também os fun-

gos. Trata-se aqui, especialmente, da microfauna saprófaga (minhocas, ácaros, colembolos, diplópodes, etc. (SCHUSTER), que sòmente está em condições de decompor açúcares, amidos e aminoácidos mas não celulose, hemicelulose e ligninas. Esperam pois que os fungos façam isso e, logo após, devoram os micélios dos mesmos. (FRANZ e FORSSLUND). Até existem alguns nematóides que vivem em simbiose com bactérias que decompõem celulose.

Dessa maneira, a microfauna controla eficazmente a flora fungiana do solo, razão porque muitos autores consideram, especialmente os protozoários, como a polícia do solo.

Não só nematóides comem os fungos, mas também os fungos comem os nematóides, como, por exemplo, o *Dactylaria brochopaga, Arthrobotrys oligospora, Protascus subuliforme* e outros (ZOPF). Segundo DRECHSLER, existem no solo aproximadamente 80 fungos que apanham animais da microfauna, preferindo nematóides, como o fazem também os rotatórios, que reduzem consideràvelmente os nematóides (DONNER).

Existe também, no entanto, uma parte da microfauna como rotatórios, tecamebas e ácaros que vivem tanto de matéria orgânica morta, como também de outros micro-sêres. (SCHUSTER, RIHA).

Muitos insetos da mesofauna, especialmente os aracnídeos e himenópteros, caçam a microfauna e há aqui o curioso fato de algumas variedades de formigas (PANIC) só comerem colembolos venenosos, cujo líquido celular paralisa temporàriamente as antenas, mandíbulas e pernas. Parece tratar-se de formigas toxicômanas, porque nunca tocam em colembolos não venenosos.

Por último, temos de mencionar aqui as minhocas *(Enchytraeidae)* que matam nematóides parasitas através de excreções muito alcalinas, mas nunca os comem (SCHUSTER).

A importância dêsses micro e meso-animais está no contrôle estrito da microvida do solo, e com isso, da manutenção do equilíbrio biológico.

Muitas espécies de formigas, especialmente as *Atta* (saúvas) e as *Isoptera* (cupins), vivem como micófagos, não sòmente pastando na microflora, mas também cultivando-a em vastos «jardins». Os basidiomicetos, especialmente, servem a êles de alimento. As formigas reduzem sensìvelmente a flora fungiana do solo e remexem vigorosamente a terra. Segundo VOORDE, as *Atta sexdens* e *Atta cephalotes* movimentam 20 a 25 m^3 de terra por ninho. Porém, o dano que fazem na cultura, cortando as fôlhas, não deixa apreciar êste serviço.

SAPROZOONTES

A parcela maior da microfauna é, porém, a dos saprozoontes. Tanto protozoários como as tecamebas, como a maioria dos vermes inferiores e todos os superiores, vivem de detritos orgânicos. Algumas devoram também, quando alcançam, microplantas, como as algas, mas a fonte principal de seu alimento é matéria orgânica provinda de plantas superiores (KÜHNELT). Tanto nematóides, como todos os *Oligochaeta* (minhocas), muitos himenópteros (formigas) e isópteros (cupins), são muito eficientes na mistura do solo mineral com a fase orgânica. (FRANZ). As minhocas merecem aqui uma atenção muito especial, porque contribuem eficazmente à fertilidade do solo. (FRANZ,

KÜHNELT, RUSSELL, BARLEY). Vale na Austrália a regra que «num pasto podemos nutrir tantos quilos de ovelhas, quantos quilos de minhocas contiver o solo». (EVANS, WATERS). A vida das minhocas, com uma única exceção, se processa em solo bem arejado e, sòmente, embaixo da camada orgânica na superfície do solo, conforme a espécie. Às vêzes, comem ovos de nematóides ou casulos de traças mas sempre devoram grandes quantidades de detritos orgânicos e, de vez em quando, plantinhas novas. (JEGEN). O *Lumbricus terrestris* faz canais verticais, de preferência em solos pesados, até alcançar o nível freático, (8 metros de profundidade) (TCHETYRKINA), podendo então, desta maneira, não sòmente facilitar a ascensão da água, mas misturar também a argila depositada em camadas mais profundas, com as camadas lixiviadas e portanto mais arenosas da superfície.

Êles dependem muito da presença de certas plantas como hortelã, cebola, pseudcacácia, etc., provàvelmente porque se aproveitam da microflora de sua rizosfera (RAMANN). Êles engolem, com os detritos orgânicos, os fungos, bactérias, algas, protozoários e até nematóides que, porém, não são digeridos mas saem vivos das tripas, sendo distribuídos em todo o solo, após se terem multiplicado enormemente dentro dos intestinos da minhoca. (HEYMONS). Os nematóides ficam vivendo nas tripas até que a minhoca morre, comendo-a depois. (KÜHNELT).

Em solos sadios, as minhocas viram uma vez, de três em três anos, a camada superior (30 cm) do solo, (FRANZ), contendo uma invernada 1,67 to/ha de minhocas enquanto, a terra de cultura possui sòmente 0,13 to/ha (EVANS).

São elas, portanto, de magna importância em cada solo, pastoril e agrícola. Os seus excrementos, designa PONOMAREVA como «calcito biogênico». Constatou que, em solos ricos em minhocas, o ciclo vegetativo das plantas é de até 2 semanas mais curto, apesar da colheita ser maior, devido a estrutura perfeita do solo e a melhor nutrição vegetal.

Não vivem em solos ácidos e reagem muito desfavoràvelmente a uma adubação fisiològicamente ácida. Com sulfato de amônio $(NH_4)_2 SO_4$, pode-se eliminar não só as minhocas como também as micorrizas (KÜHNELT).

Os nematóides são quase tão eficazes na decomposição da matéria orgânica como as minhocas, sòmente não se igualando a elas por não serem tão bons cavadores, ficando obrigados a usar canais de raízes ou de outros animais do solo. Comem, geralmente, matéria orgânica predigerida por bactérias (SACHS). Ao contrário das minhocas, os nematóides fogem dos fungos, porque são sèriamente prejudicados pelos mesmos. Existem até mesmo fungos predatórios que apanham os nematóides furando a sua pele e chupando o líquido plasmático *(Athrobotrys oligospora)* (ZOPF).

Outros fungos crescem como parasitas no corpo de nematóides. Algumas espécies de nematóides são pseudoparasitas, isto é planositas (STEINER). Êstes nematóides não entram nas raízes vegetais mas ficam chupando as células de fora, sem porém prejudicar a planta (WIESER). Migram de uma raiz a outra, atraídos pelas excreções de seus hospedeiros, mas chupam, da mesma maneira, em algas (MIKOLETZKY). Sòmente raras espécies são verdadeiros parasitas. Porém, foram justamente estas que contribuíram para a sua triste fama.

Em sociedades polífitas, a maioria dos nematóides, geralmente não chegam perto das raízes, porque não suportam as excreções açucaradas; já 1% de açúcar afeta a sua vida (SCHEFFER, KICKUT, VISSER).

PARASITAS

Não é certo ainda que os nematóides conhecidos como parasitas prejudiquem sempre os vegetais. Vivem simplesmente como citófagos e nutrem-se de células vivas, tanto de plantas superiores, como também de bactérias (KÜHNELT). Segundo VUILLEMIN e LEGRAIN, o *Heterodero radicola,* que é tido como parasita perigoso, vive em perfeita harmonia dentro de plantas como hóspede, aumentando suas resistências à sêca. Quando o citófago se torna parasita, depende provàvelmente da nutrição do hospedeiro. Muitos da microfauna são citófagos e bacteriófagos, poucos porém parasitam. Como os nematóides podem sobreviver até 38 anos em ambiente abiótico (KÜHNELT) pràticamente não são de fácil extinção no solo. Não se trata aqui de matar os nematóides, mas sim de equilibrar a microfauna que as controla perfeitamente. Segundo FRANZ, vivem, por metro quadrado de solo, 1 a 20 milhões de nematóides.

A MICROFLORA

ALGAS:

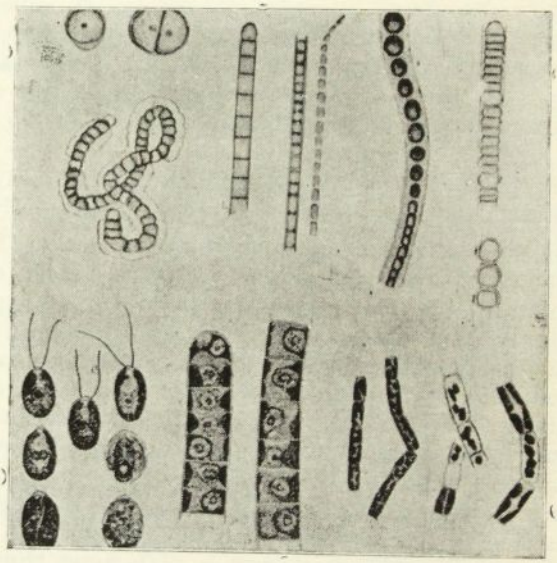


Fig. 20 — Algas do solo (WAKSMAN).

Preferem um pH semelhante ao das bactérias, mas o grupo dos *Myxophyceaes* prefere terras ácidas.

A maioria das algas é confinada a superfície do solo, porque necessita tanto de umidade, como de luz solar, para poder sintetizar a sua própria clorofila. São êstes os únicos representantes da microflora que podem produzí-la. A sua importância está, especialmente, na fixação de nitrogênio e na produção de matéria orgânica para a vida de outros micro-sêres. Algumas vivem em camadas mais profundas do solo, onde a sua existência depende de detritos orgânicos, porém a sua importância é reduzida. (WAKSMAN).

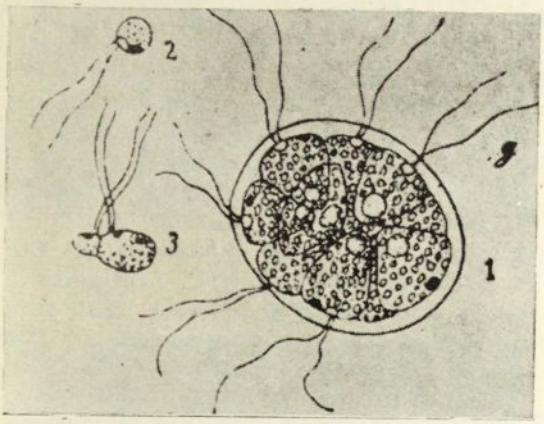


Fig. 21 — Alga *Paudorina morum* : 2. zoospório da mesma; 3. copulação dos gametas (WAKSMAN).

Algumas suportam também a sêca.

FUNGOS:

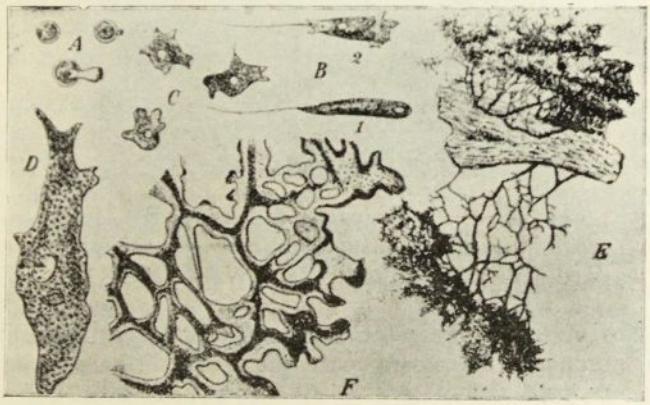


Fig. 22 — Mixomiceto *Comatricha nigra:* A) Esporos, um está germinado; B) Mixozoospórios de *Didymium serpula;* C) Mixamebas de *Fuligo septica;* D) Plasmódio de *Fuligo septica;* E) Plasmódio de *Didymium serpula;* F) Parte dum plasmódio de *Fuligo septica.* (seg. WAKSMAN).

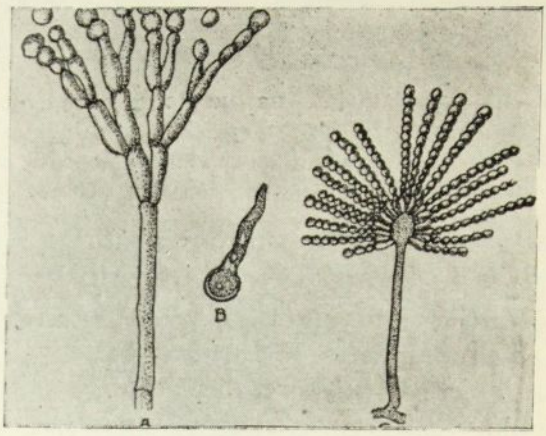


Fig. 23 — A) Fungo *Penicillium;* B) Conídio em germinação; C) *Aspergillus* (seg. WAKSMAN).

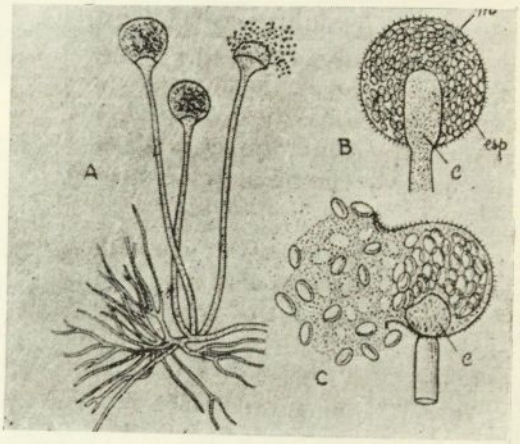


Fig. 24 — A) *Rhizopus nigricans;* B) *Mucor mucedo;* C) *Mucor mucedo,* esporângio com membrana rompida (WAKSMAN).

Todos êles vivem de preferência em solos ácidos e não úmidos, mas suportam bem a umidade e dependem mais que as bactérias da matéria orgânica no solo.

Desenvolvem — à semelhança das bactérias — formas simbióticas, que se denominam micorrizas (FRANK). Estas micorrizas incluem tôdas as formas de fungos que vivem ligadas com raízes de árvores, desde as formas de fungos que podem tornar-se parasitas, até as formas endótrofas das variedades de verdadeiras micorrizas. Segundo HARLEY e WAID, quase tôdas plantas possuem fungos na sua rizosfera, porém não em forma simbiótica, mas em fórma tró-

fica, figurando aqui, especialmente, espécies que podem tornar-se parasitas vegetais (vide rizosfera).

Chamou muita atenção a descoberta da penicilina do fungo *Penicillium notatum*, mas sabemos hoje que todos microrganismos são associativos com alguns e antagônicos com outros. Os fungos se tornaram famosos não só pela produção de antibióticos e pelas análises biológicas do solo *(Cunninghamella, Aspergillus*, etc.), mas também pelo seu parasitismo em vegetais. Variam de forma simples e microscópicas até formas gigantescas, especialmente basidiomicetos, ou as formas grandes subterrâneas dos ascomicetos, por exemplo, as trufas, etc. Na microfauna, a família morfológica dos fungos, não compreende espécies de mesmos costumes de vida, mas são justamente êstes costumes, que podem, às vêzes, esclarecer algo sôbre as razões do parasitismo fungiano. Fazem parte também da biocenose do solo sadio e fértil *(Aspergillus niger, Trichoderma lignorum, Fusarium, Rhizoctonia sp.*, etc.), mas encontram sua desenfreada multiplicação sòmente em solos mal arejados e ácidos, porque aqui não sofrem o contrôle da micro e meso-fauna, nem de bactérias (KÜHNELT).

É, só aqui, que surge o perigo do parasitismo, porque um solo desfavorável para a maioria dos microrganismos, o será também para a maioria das plantas de cultura.

Os fungos do solo pertencem quase todos a grupos que formam filamentos, com exceção dos mixomicetos ou fungos mucosos e alguns sacaromicetos. A maioria dos fungos do solo são heterótrofos, mas há também espécies que podem usar ácidos orgânicos, nitratos, amônia, carboidratos simples, celulose e lignina.

Existem alguns que necessitam estimulantes de crescimento, e dependem por isso tanto da outra microflora, como de excreções radiculares. Finalmente, há fungos que sòmente podem viver em raízes *(Mycorrhizas)* ou como parasitas de outros microrganismos, por exemplo, de nematóides (RUSSELL).

Os fungos saprófitas são capazes de sintetizar 30 a 50% de C de sua alimentação para substâncias celulares, (WAKSMAN) o que é mais do que as bactérias podem fazer, mas necessitam por isso, também, muito mais N, que êles tiram dos minerais, como ortoclásio ou feldspato (MÜLLER e FORSTER). Sintetizam substâncias húmicas em huminas e huminoácidos, contribuindo assim, eficazmente, à humificação da matéria orgânica. Quase todos crescem, sòmente em solos bem arejados, mas podem desenvolver em camadas mal arejadas de solos decaídos, enormes quantidades de filamentos. (JENSEN).

O pH do solo baixa na medida que o fungo cresce (MÜLLER).

Assim, os fungos são capazes de se desenvolver bem em solos decaídos onde, por falta de concorrência da microflora e fauna, predominam.

Segundo GARRETT, os saprófitas incluem os «Sugar Fungi» que vivem em matéria orgânica de fácil decomposição, nas raízes vegetais, bem como micorrizas, podendo se nutrir ocasionalmente também como parasitas e fungos predatórios de outros fungos e da microfauna. (VAY). Pertencem, preferencialmente, aos ficomicetos.

A maioria dêles vive, não só de matéria orgânica recém morta, mas também de matéria orgânica viva danificada (fungos que infetam as raízes entrando pelas feridas) (LEACH). Defendem as suas hifas através de antibióticos, contra os ataques de outros micro-sêres. Os fungos que decompõem a celulose são quase sòmente os ascomicetos e basidiomicetos, muitos dêles fungos imperfeitos. Têm os seus esporos e hifas distribuidos pelo chão e muitos produzem antibióticos fortes. Os que não produzem são bastante tolerantes para com êstes. Os «Lignin Fungi» são todos fungos superiores, geralmente basidiomicetos, com um crescimento muito lento, dependendo ainda da presença de outro alimento, especialmente celulose. Sòmente a lignina predigerida pelo fungo pode ser atacada por bactérias, de modo que os fungos são indispensáveis na decomposição de detritos orgânicos, como no caso da humificação. Êstes fungos crescem exclusivamente na superfície do solo, na matéria orgânica ali depositada, e não suportam a presença de antibióticos. Nem os seus micélios podem entrar no solo onde há fungos que produzem antibióticos *(Trichoderma viride)* (BRIAN).

FUNGOS PARASITAS E PREDATÓRIOS

Na sua maioria pertencem a fungos primitivos (arquimicetos) ou imperfeitos *(Fusarium)*.

Assim, os arquimicetos, que se assemelham ainda muito com os protozoários (GÄUMANN), vivem sòmente como parasitas em células vivas, atacando tanto a microflora como a microfauna.

Muitos hifomicetos vivem não só de protozoários e nematóides (DRECHSLER), mas também de hifas de fungos. (RUSSELL). Grande parte de ficomicetos que geralmente vivem em células mortas, podem igualmente atacar células vivas, mas isso sòmente quando estas são, de qualquer maneira, fracas ou já necróticas, como acontece no caso de várias deficiências minerais (GARRETT, RUSSELL). Por exemplo, *Pithium, Fusarium, Verticillium, Rhizoctonia* e outros (TUCKER), que pertencem aos clássicos fungos de podridão radicular, entram sòmente pelas feridas radiculares ou em raízes de plantinhas novas que, por condições adversas, lutam pela sua sobrevivência (RUSSELL).

A maioria dos fungos é muito sensível à falta de elementos menores, como zinco, manganês, cobre, etc. WILLIAMS constatou que, por exemplo, o parasita *Striga senegalensis* desaparece com a adubação de nitrato de cálcio, $Ca(NO_3)_2$, mas não com uma de carbonato de cálcio, $CaCO_3$; explica-se, isto, pelo fato de que: ,

1 — a cal dificulta a adsorção dos nutrientes menores, enquanto
2 — o nitrato permite o desenvolvimento mais rápido de outras raças de fungos prejudiciais ao *Striga senegalensis*.

Os fungos predatórios, como a *Rhizoctonia solani*, vivem, normalmente, da microfauna evitando assim a proliferação de nematóides, especialmente do parasita *Pratylen penetrans*, que devasta, às vêzes, pomares de macieiras (MILLER e WAGGONER). Mas, se o solo é muito fresco, ácido e pobre, beneficiando demasiadamente o desenvolvimento da *Rhizoctonia*, em detrimento da

outra microflora, ela se torna um perigoso parasita radicular (GARRETT).

WAKSMAN relata o fato de que também alguns patógenos como *Penicillium italicum, Pseudomona citri, Fusarium,* etc. deixaram de ser parasitas quando foi introduzida *Trichoderma lignorum* ou algumas bactérias antagônicas no solo. Os fungos que não produzem antibióticos são extremamente sensíveis a tóxicos, assim que, por exemplo, *o Fusarium oxysporum, v. cubense,* que causa o «mal de Panamá» nas bananeiras, não suporta as excreções voláteis da *Heteroptera Scaptocoris talpa* (TIMONIN).

Importante é, pois, o equilíbrio entre microrganismos e nutrientes no solo para evitar ações parasitas da microflora e microfauna. Em solos inundados, como os de arroz, os fungos diminuem ràpidamente, desaparecendo tanto mais rápido quanto mais rico em carbono fôr o solo (matéria orgânica) MITCHELL e ALEXANDER).

Parece que também em solos secos, uma larga relação C:N na matéria orgânica inibe a atividade dos fungos, (DAVEY), de modo que o parco suprimento em N, ou a ativa competição de plantas pelo N, pode diminuir sensìvelmente os fungos no solo. (RUSSELL).

Queremos lembrar aqui, a absoluta necessidade dos fungos a uma biocenose equilibrada e sadia. Prejudicial é, sòmente, o seu desenfreado desenvolvimento e a sua nítida predominância, comum em solos decaídos, e portanto de péssimo arejamento. Aqui, êles acidificam o ambiente que se torna cada vez mais desfavorável às culturas agrícolas, e contribuem para a lixiviação do solo. Sob estas condições, o parasitismo fungiano é inevitável, porque as culturas sofrem tôdas as espécies de carência, enquanto os fungos proliferam incontrolàvelmente.

ACTINOMICETOS:

Êles tomam uma posição intermediária entre fungos e bactérias, ou mais exatamente, entre os verdadeiros fungos e micobactérias (WAKSMAN e HENRICI).

É característica a formação de micélios unicelulares que possuem ramificações iguais aos fungos. Porém, êste micélio parte-se fàcilmente em pedaços que se assemelham muito a bactérias e cujas qualidades são as mesmas das bactérias (por exemplo, *Streptomyces griseus).* Mas o mais importante é que formam a base da microflora autóctone. Nutricionalmente, os actinomicetos são extremamente adaptáveis. São, quase todos êles, heterótrofos podendo usar pràticamente todos os compostos de C:N, mesmo os que, com uma relação muito larga, os fungos não conseguem decompor, tais como a celulose, ligninas e proteínas (WAKSMAN).

Preferem solos secos e quentes, não se dando bem em terras úmidas. Êles só crescem na superfície de solos bem arejados, mas igualmente bem protegidos contra a irradiação direta do sol (ERIKSON). Predominam em solos arenosos de pastos ou outros solos permanentemente sombreados. Suportam temperaturas altas até 65° e podem formar assim a microflora predominante em estrumes e compostos. Segundo SEKERA, são os responsáveis pela fofice em solos naturais, mas PRIMAVESI prova que esta população natural não

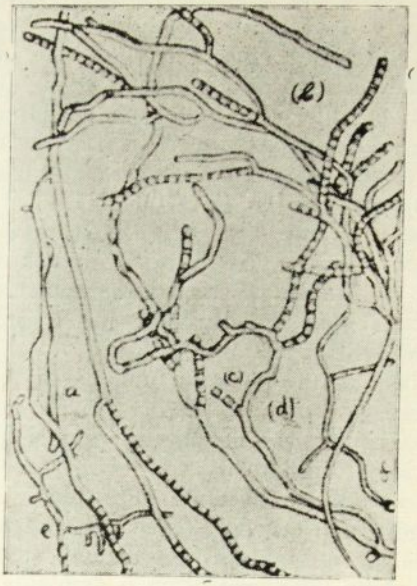


Fig. 25 — *Streptomyces griseus*, a, b, c, micélio aéreo — d, f, esporos germinando (seg. WAKSMAN).

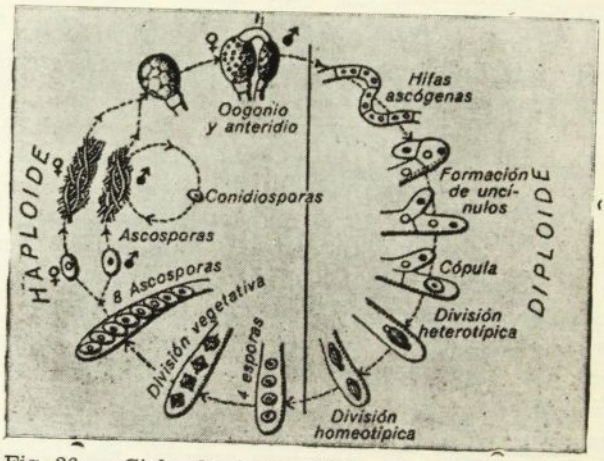


Fig. 26 — Ciclo do desenvolvimento de actinomicetos (RAWITSCHER).

pode ser conservada em terras de cultura, o que aliás também já foi observado por WINOGRADSKY quando criou o têrmo «zimogênico» para os microrganismos de solos cultivados. Êles têm a particularidade de crescer sempre em flocos (WAKSMAN) o que provoca, provàvelmente, também a floculação do solo (RANGASWAMI). Êles mudam a forma, côr e exigências não sòmente pela modificação do ambiente mas também sob condições muito semelhantes. Até podem perder a propriedade de formar micélios (WAKSMAN).

Alguns poucos são parasitas de raízes vegetais, provàvelmente os mesmos que, vivendo também como simbiontes, podem formar nódulos (RUSSELL).

Distinguimos, em relação aos vegetais, saprófitas e parasitas, e em relação aos outros microrganismos, associativos e antagonistas.

Todos os actinomicetos preferem um pH alcalino e são gram positivos. A maioria dêles produz enzimas diastáticas, alguns produzem invertases, poucos produzem tirosinases, que os habilitam a converter a tirosina das moléculas protéicas em melanina, de côr escura. (RUSSELL).

Apesar da agricultura os considerar «bactérias da terra», porque o cheiro dêles é o característico de terras férteis, êles criaram fama pela produção de antibióticos. Até hoje existem aproximadamente 75 antibióticos extraídos de actinomicetos, conhecidos no comércio como estreptomicina, terramicina, aureomicina, neomicina etc. (WAKSMAN).

BACTÉRIAS:

WINOGRADSKY divide as bactérias do solo em:

a.) autóctones — ou nativas do solo, que encontramos, especialmente, em solos de pastos e florestas;

b.) zimogênicas — que se desenvolvem graças a tratamentos específicos do solo, considerando aqui, especialmente, o arejamento (lavração), adubação orgânica e comercial. Elas são próprias aos solos de cultura.

WAKSMAN junta ainda um terceiro grupo que é o dos

c.) microrganismos transitórios — 1) Êstes são bactérias usadas em
— inoculação das sementes *(Rhizobacter)*;
— inoculação dos solos com linhas puras *(Azotobacter)*;
— adubação orgânica rica em micróbios (estrume, vinhaça).

FRANZ, mostra que os microrganismos do estrume, provindo de um ambiente anaeróbio, não sobrevivem por muito tempo no solo, sob condições aeróbias.

2) Patógenos vegetais e animais incorporados ao solo com detritos e restolhos que, conforme a atividade do solo, morrem ràpidamente ou sobrevivem por mais tempo, dependendo esta sobrevivência, muitas vêzes, também de um hospedeiro animal ou vegetal.

A identificação da microflora no solo pode ser feita segundo BERGEY (bactérias), WAKSMAN (actinomicetos), e GILMAN (fungos).

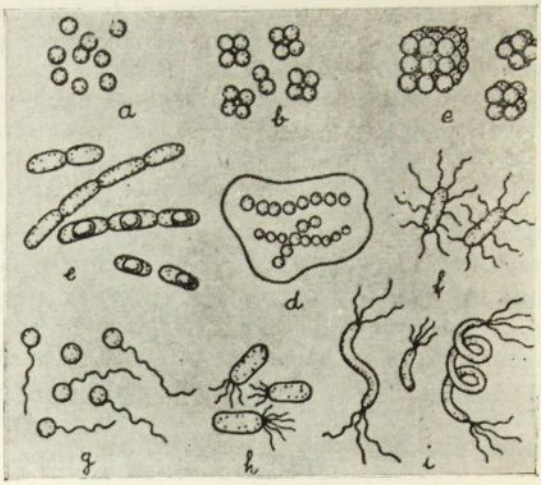


Fig. 27 — Bactérias: a) *Coccus;* b) *Micrococcus;* c) *Sarcina;* d) *Streptococcus;* e) *Bac. subtilis;* f) *Bac. subtilis flagelado,* g) *Planococcus;* h) *Pseudomonas;* i) *Spirillium* (seg. WAKSMAN).

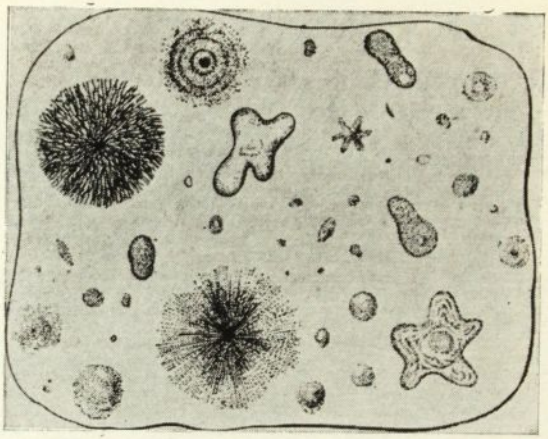


Fig. 28 — Culturas de bactérias aeróbias (seg. WAKSMAN).

Na sua maioria, as bactérias preferem solos com um pH pouco ácido até neutro, e necessitam, em sua maioria, de condições aeróbias. Elas vivem parcialmente autótrofas, parcialmente heterótrofas, sendo estas últimas de maior importância para a agricultura, porque proporcionam a estabilidade da estrutura fôfa do solo.

RANGASWAMI descobriu que as bactérias não sòmente protegem os grumos, como acreditava SEKERA, mas floculam o solo amorfo. A importân-

cia da microvida fica ainda mais patente nas experiências de SAKARDI que prova, com trigo, que a diferença, no teor em nutrientes e de rendimento, depende em primeiro lugar, do próprio solo, isto é, de seu estado de saúde biológica e só, em reduzido grau, do fator genético.

Considerando que o «fator genético» é, em última análise, uma ambientação, é compreensível que possamos mais fàcilmente criar um ambiente favorável ao vegetal, do que adaptar o vegetal ao ambiente (ERIKSON, BRAUN).

Há bactérias gram positivas ou gram negativas, esporogênicas ou não, e as suas formas mais freqüentes são:

Bastonetes com pontas agudas ou arredondadas, de diferentes grossuras, porém tôdas mais ou menos imóveis.

Bastonetes delgados que se movem sòmente pelo movimento do próprio corpo; são estas os espiroquetas.

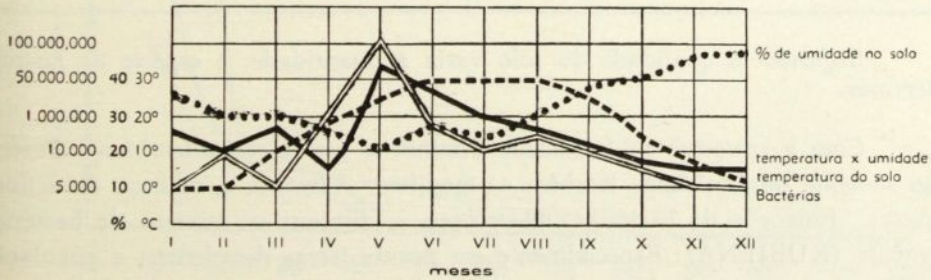
Bastonetes curvados, flageladas, de boa mobilidade (WAKSMAN).

Como existem inúmeras variedades de bactérias e, muitas vêzes, há pouca diferença na forma, a classificação delas se faz especialmente segundo o seu modo de crescer em colônias e de formar cocos. (JAMES, SUTHERLAND).

A microvida é importantíssima para a lavoura. O gás carbônico assimilado pelos vegetais superiores provém, quase em sua totalidade, do processo de mineralização da substância orgânica do solo pelos microrganismos. Uma terra sadia produz anualmente entre 5 a 10 t/ha de gás carbônico. Chamamos a isso de respiração do solo (SMITH e BROWN). Sem esta respiração o crescimento dos vegetais superiores fica reduzido a um mínimo, resultando disso — vice-versa — um recesso da microvida. Finalmente, ocorre uma acumulação de matéria orgânica não humificada na superfície da terra, provocando o encharcamento da mesma (FRANZ, GLINKA).

LUNDEGARDH mede, com a respiração do solo, a atividade microbiana e HOFMANN e SEEGERER tomam o teor em fermentos do solo como medida da atividade microbiana. O fato de que os microrganismos, e especialmente as bactérias, assimilam sais inorgânicos e orgânicos e os fixam durante certa época em seu corpo, é importantíssimo para a lavoura, porque é êsse o único método de evitar a lixiviação dos minerais do solo pelas águas pluviais (RUSSELL).

RELAÇÃO ENTRE MICROVIDA E TEMPERATURA × UMIDADE DO SOLO
(segundo FEHÉR) - Gráf. 2.



As bactérias não esporogênicas são, na sua maioria, anaeróbias. São elas imóveis ou flageladas, gram positivas ou gram negativas, geralmente só em forma de bastonetes, porém também parcialmente capazes de formar filamentos, formas cocóides, micélio ou de aparecer em forma de espiroquetas ou vibriões.

Os grupos mais importantes são:

1 — os termófilos (em estrume, silagem, feno, etc.);
2 — as mixobactérias (em estrume e terra, preferem solos úmidos);
3 — as bactérias desnitrificantes:
   a) fluorescentes (denitro fluorescente, *B. irilpinus, B. stutzeri)*,
   b) hidrogenomonas *(Hidrog. agilis)*,
   c) tiobactérias *(Thio-bacilo denitrificans)*;
4 — decompositores de uréia, celulose *(Ur. pasteuri)*;
5 — vibriões dessulfuricantes;
6 — bactérias de putrefação, quase sòmente anaeróbias, como, por exemplo, variedades de clostrídios (ZEILINGER).

Tab. 1 — **MICRORGANISMOS POR GRAMA DE TERRA**

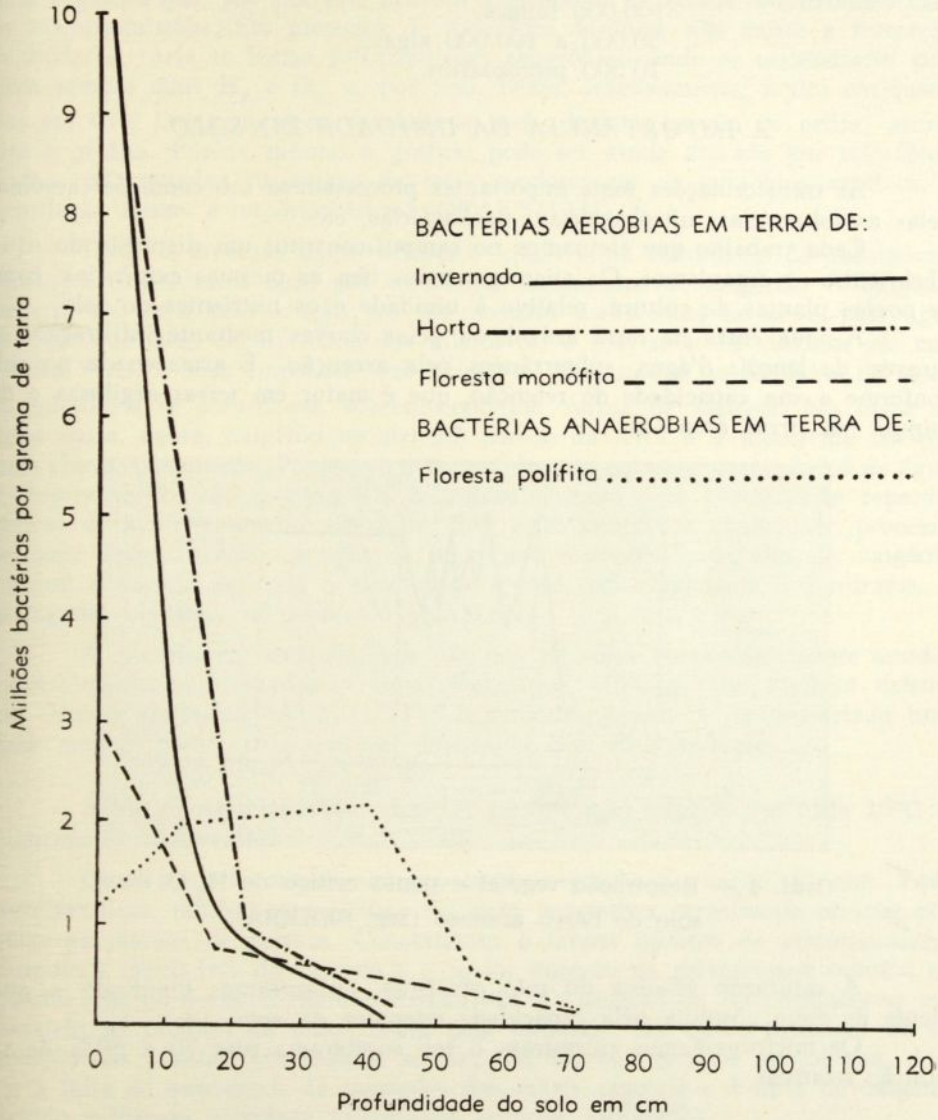
MÉDIA DE	GELATINA	ÁGAR	Em camada alta de ágar açucarado
Pasto natural	1.130.000	790.000	19.200
Terra de cultura fértil	12.275.000	11.407.000	105.000
Terra de horta bem estrumada .	37.000.000	34.300.000	47.700
Terra de mato natural	452.000	429.000	12.000

Segundo a qualidade do solo varia a quantidade e espécie de microrganismos.

Com a crescente profundidade diminui a população microbiana. Porém, não sòmente diminui, mas também se modifica. Aumenta o número de actinomicetos, fungos e de bactérias anaeróbias, e diminui o número de bactérias aeróbias (KUBIËNA). Especialmente em nossas terras decadentes, a população de fungos é considerável.

Tab. 2 — **POPULAÇÃO MICROBIANA EM CM. DE PROFUNDIDADE** (por 1.000) (seg. WAKSMAN).

TERRA DE	2,5	10	20	30	50	75
Horta estrumada .	8.300	5.600	4.000	1.300	600	380
Invernada	10.000	5.800	2.800	1.000	370	240
Floresta monof. ...	2.100	1.200	480	310	170	104



Gráf. 3 — Número de microrganismos em relação à profundidade do solo

As razões do recesso dos microrganismos, com aumento de profundidade, são principalmente a diminuição do oxigênio e o empobrecimento em matéria orgânica, fonte principal de energia dos microrganismos.

Muitas vêzes, encontramos nos primeiros 5 cm de terra de cultura poucos microrganismos, o que é originado pela forte insolação e o ressecamento desta camada. Via de regra, encontramos entre 5 e 15 cm a maioria dos microrganismos aeróbios, importantes para as culturas agrícolas.

Num grama de terra encontramos na média (seg. RUSSELL):

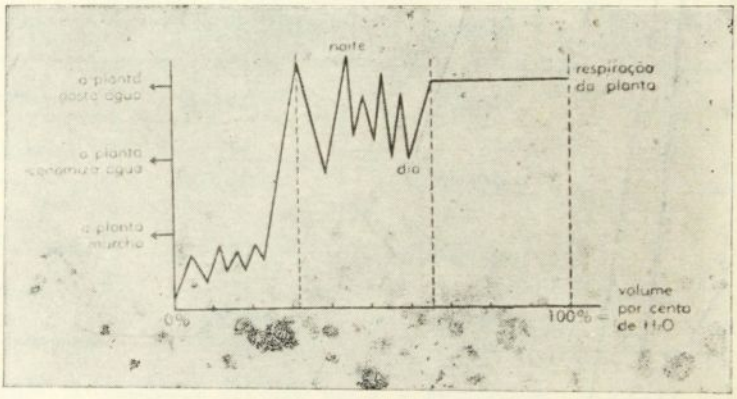
10 milhões de bactérias e actinomicetos,
100.000 fungos,
50.000 a 100.000 algas,
10.000 protozoários.

A IMPORTÂNCIA DA UMIDADE DO SOLO

As transformações mais importantes processam-se sob condições aeróbias pelas azotobactérias, nitrobactérias, rizobactérias, etc.

Cada trabalho que efetuamos no campo, constitui um distúrbio do equilíbrio entre os organismos. Os microrganismos têm as mesmas exigências, como as nossas plantas de cultura, relativo à umidade e os nutrientes do solo.

A água entra na terra arável, ou pelas chuvas mediante infiltração, ou através de lençóis d'água subterrâneos pela ascenção. É armazenada no solo conforme a sua capacidade de retenção, que é maior em terras argilosas e diminuta em terras arenosas.



Gráf. 4 — Respiração vegetal e ponto crítico de H_2O num solo de barro arenoso (seg. SEKERA).

A saturação relativa do solo em água, encontramos dividindo o quociente de água absoluta pela capacidade retentora do solo.

Os microrganismos encontram o seu «optimum» com 70 a 80% de saturação relativa.

O «optimum» dos fungos é mais baixo do que o das bactérias.

A influência indireta do teor em umidade no solo depende da modificação das relações ar-água. Quer dizer, quanto mais água, tanto menos oxigênio, e, portanto, condições mais anaeróbias. Esta também, é a razão por que o número de microrganismos cresce até um certo limite de umidade (RUSSELL), e decresce com um aumento de umidade.

Provoca isso, em terras encharcadas, uma decomposição deficiente da matéria orgânica que, por sua vez, provoca a formação de ácidos esterilizantes para os microrganismos. Em presença de micróbios aeróbios não existe a formação de turfa. A turfa se forma sob condições anaeróbias, onde os carboidratos perdem sempre mais H_2 e O_2 e, por isso, ficam, relativamente, muito enriquecidos em CO. Desta maneira, formam-se turfa, linhita, carvão de pedra, antracito e grafita. Porém, mesmo a grafita, pode ser ainda atacada por micróbios. Como nas camadas superiores da terra predominam os micróbios aeróbios, a ventilação destas é importantíssima (WAKSMAN).

Tanto o processo da nitrificação, como o da combustão de substâncias ricas em carboidratos para gás carbônico, necessitam de oxigênio. O oxigênio penetra na terra pela aração por movimentos turbulentos de ar e pela água pluvial. Por meio da atividade dos micróbios, o solo se torna rico em gás carbônico (CO_2), mas empobrece em oxigênio. No entanto, se há falta de água, os micróbios se cornificam, sobrevivendo em forma de esporos. No lugar da água entra, agora, oxigênio no sistema poroso da terra e a microvida começa, caso chova, novamente. Porém, se os poros do solo permanecerem cheios de água, a respiração do solo termina. Os micróbios morrem e os protozoários reproduzem-se de modo extremamente forte. Sob estas condições anaeróbias, processa-se uma desnitrificação, porque os micróbios restantes, por falta de oxigênio, retiram o mesmo de onde o encontram, e isso, principalmente dos nitratos. O nitrogênio libertado se perde (WAKSMAN).

A microfauna necessita, por sua vez, de solos convenientemente úmidos, especialmente os «nadadores» como flagelados, ciliados, que também existem em formas aquáticas (KÜHNELT). A maioria, porém, evita demasiada umidade embora possa, parcialmente, sobreviver bem às inundações.

A lei de ARRHENIUS diz: «A fermentação duplica por cada 10°C de aumento de temperatura».

O número de microrganismos oscila segundo a estação do ano. Podemos verificar, também aí, o ritmo do ciclo vegetativo, semelhante ao que possuem as plantas de cultura. Constatamos o menor número de microrganismos durante a época fria do inverno e o maior número na primavera e outono, enquanto que no verão o número é reduzido. O número de microrganismos está paralelo ao produto da temperatura pela umidade. Na época principal da vegetação das plantas, verificamos sempre um recesso da vida microbiana, devido à falta de nutrientes, às excreções das raízes vegetais e à falta de oxigênio, devido a intensa atividade microbiana anterior (FEHÉR).

Tab. 3 — ESTATÍSTICA DE ENGBERDING:

Capacidade retentora em %	Água em % do solo	Número de microrganismo do solo
30	6.51	9.98 milhões
56	10.85	11.89 "
65	14.10	16.41 "
80	17.35	29.96 "
100	21.69	25.28 milhões

ELEMENTOS NUTRITIVOS

É decisiva para os microrganismos heterótrofos a quantidade de matéria orgânica existente. Assim, exames provaram que em terras arenosas, com pouca matéria orgânica, vivem sòmente algumas centenas de milhares de germes, enquanto em terras férteis, boas de cultura, encontram-se vários milhões. Não há dúvida que o abastecimento da terra com matérias orgânicas e sais minerais, aumenta consideràvelmente o número de microrganismos (CHOLODNY, KUBIËNA, ZIEMIECKA).

Tab. 4 —

Dias	Ágar com 2% de açúcar de cana	Ágar sem açúcar
Início.....	12.400.000	12.400.000
Depois de 28 dias..	373.800.000	27.170.000
Depois de 46 dias..	141.300.000	34.700.000

Com a adubação, aumentamos o teor em nutrientes da terra, o que, por sua vez, provoca um aumento da vida microbiana (WAKSMAN).

Tab. 5 —

Dias	Terra sem adubo	Terra com adubo
2	2.227.000	2.227.000
6	3.700.000	6.000.000
13	6.540.000	13.600.000
20	6.750.000	11.690.000
28	7.770.000	24.200.000
33	3.630.000	6.330.000
90	3.800.000	7.850.000

TEMPERATURA

A temperatura, pràticamente, não limita a vida microbiana em nossas terras de cultura, porém ela decide sôbre o número das raças dos microrganismos.

Mesmo com a temperatura de — 1° a — 2°C não se consegue aniquilar todos os micróbios, e também com +40°C ainda existe bastante atividade microbiana. O «optimum» dos microrganismos está no clima tropical e subtropical +35°C, no clima moderado +25°C a +28°C. No clima tropical os microrganismos são geralmente de variedades termófilas. As temperaturas elevadas proporcionam uma decomposição muito mais rápida e mesmo a matéria orgânica está, em pouco tempo, mineralizada. Isso, quer dizer, que em terras de culturas tropicais, nunca podemos encontrar humo (VAGELER). Por isso, o poder-tampão é reduzido, mas também a decadência e a recuperação das terras processa-se muito mais ràpidamente do que em qualquer outro clima. (PRIMAVESI, 1952)

FEHÉR encontrou o número de bactérias decrescendo com aumento de altitude e latitude, mudando a relação bactérias : fungos em favor dêstes últimos. Em cada lugar, a relação temperatura : umidade regula a atividade biológica do solo (FELDMANN), ocasionando as flutuações típicas da microvida durante as estações (SAUERLANDT).

O clima subtropical para temperado, devido ao inverno relativamente frio e úmido, apresenta uma atividade microbiana mais lenta e conseqüentemente também uma decomposição de matéria orgânica mais vagarosa, quer dizer, existe acumulação de humo. Por outro lado, também a recuperação das terras é mais demorada. Temos de estar cientes de que «recuperação» da terra não significa nada mais do que a recuperação da vida microbiana; e a fertilidade da terra está relacionada à vida microbiana, porque dela depende a absorção dos sais nutritivos. Estas são sentenças fundamentais que governam a agricultura sadia. (WAKSMAN).

Vemos também que, dentro de certos limites, é possível orientar e regular o desenvolvimento e a decomposição das matérias no solo.

DECOMPOSIÇÃO

Tab. 6 –

Numa temperatura de	Farinha de osso	Uréia	Quelatos azotados
+ 10° C	100%	100%	100%
+ 20° C	124%	610%	144%
+ 30° C	88%	810%	135%

Os actinomicetos existem muito menos nas terras de cultura do que nas terras naturais. Nas épocas de pouca atividade microbiana, porém, acontece uma equiparação entre actinomicetos e outros microrganismos (WAKSMAN).

Tab. 7 — MICRORGANISMOS POR GRAMA DE TERRA/pH

pH	Bactérias	Em esporos %	Fungos	Bactérias: fungos
2,42	14.000	100	34.000	2 : 5
3,12	36.000	91	54.000	2 : 3
3,54	95.000	30	110.000	1 : 1
3,63	205.000	15	200.000	1 : 1
4,18	360.000	11	180.000	2 : 1
4,73	740.000	16	210.000	3,5 : 1

Sòmente o *Thiobacter thioxidans* faz uma exceção. Êle oxida enxôfre para ácido sulfúrico (H_2SO_4) ainda num pH 1 e existe, ainda, quando não há mais outra vida microbiana. Também as terras ácidas de monocultura de pinho são pobres em bactérias.

WAKSMAN encontrou aqui:

pH 4 — 100.000 fungos
pH 5,6 — 37.000 "
pH 6,6 — 26.000 "

Os actinomicetos, que entram morfològicamente entre bactérias e fungos, tomam uma posição intermediária em relação ao pH.

pH 4,8 — 4.000.000 bactérias, dêstes 900.000 actinomicetos
pH 6.2 — 13.000.000 " , " 6.000.000 "

Segundo ARNON, não é o efeito da concentração de íons de hidrogênio que prejudica os microrganismos, mas a falta de cálcio, fosfatos, e a toxicidade do alumínio e manganês.

Enquanto as raízes vegetais são prejudicadas por um pH mais baixo que 4, pela mobilização de Al, os microrganismos ainda podem existir, se forem removidos os efeitos secundários de um pH menor que 4. As bactérias de nitrificação encontram o seu optimum num pH que varia entre 6,2 a 7,2 (MORRILL).

O PODER-TAMPÃO DA TERRA

Depende:

1 — do teor em humo,
2 — do teor em colóides minerais, (argila),
3 — dos íons presentes.

A negativa concentração de íons H^+, não demonstra oscilações fortes em solos bem tamponados. Êstes solos não acidificam fàcilmente. (SCHOFIELD).

Apesar das nitrobactérias não suportarem um ambiente ácido, às vêzes, provocam a acidificação do solo pela produção de HNO_3 e HNO_2. De modo que em terras arenosas, com pouco humo, a acidificação é tal, que as próprias nitrobactérias limitam sua proliferação. Em terras argilosas e humosas, isso não acontece porque há bastante bases que neutralizam a acidez (WAKSMAN).

Para examinar o poder-tampão de um solo usa-se no laboratório o *Azotobacter chroococcum* (MEHLICH).

A REAÇÃO DO SOLO, O pH

A reação do solo tem grande importância sôbre a composição da vida microbiana na terra. Sob reação ácida, desenvolve-se numerosa flora de fungos, enquanto a de bactérias diminui. Os fungos são, sem exceção, resistentes aos ácidos ou mesmo acidófilos. Faltam nestes solos as minhocas e todos os animais «cavadores», que misturam e remexem a terra.

Por isso, uma aplicação de carbonato de cálcio é a primeira medida que se deve tomar a fim de revigorar a vida bacteriana da terra ácida.

A ascenção da vida bacteriana, é igual a ascenção do rendimento agrícola (WAKSMAN).

SCHACHTSCHNABEL comunica a íntima relação entre a atividade microbiana e o pH. Aumenta aquela com o aumento de pH, melhora, conseqüentemente, a estabilidade dos grumos e o volume poroso.

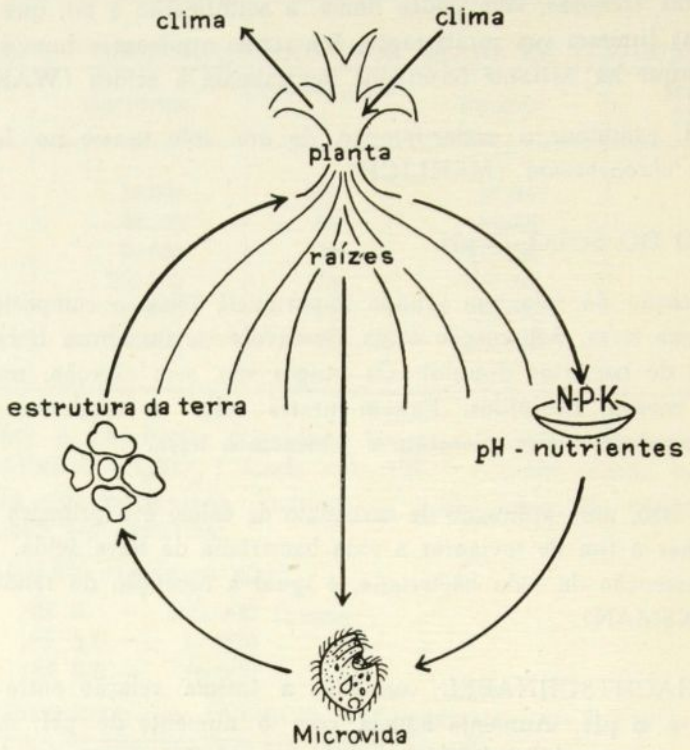
A diminuição do pH causa a lixiviação do $CaCO_3$, que, por sua vez, causa a desfloculação dos agregados do solo, mesmo dos formados por minhocas (SCHEFFER). Temos, pois, uma oscilação da estabilidade dos agregados, acompanhando a da atividade microbiana (HARTGE).

As bactérias sobrevivem às condições adversas, em estado de esporos. Porém, a formação de esporos pode faltar por completo se as bactérias não encontram traços de cobre e molibdênio no solo (KOLODZIEY e SLEPECKY), isto significa que, em solos muito lixiviados, as bactérias não tem a possibilidade de se cornificar e sobreviver.

Especialmente esporos de bactérias mal nutridas, não sobrevivem por muito tempo. Depende a sobrevivência dêles, (GARBOSKY, GIAMBIAGI), da fertilidade do solo. Em solos férteis, os esporos podem viver até cinco anos.

INTENSIDADE DA VIDA BACTERIANA

RENDIMENTO AGRÍCOLA



Gráf. 5 — Relação recíproca Clima-Planta-Solo

FABRICIUS e FEILITZEN encontraram, numa terra de brejo drenado, 200.000 germes microbianos, mas depois duma calagem, 600.000 germes. Responsabilizam, não sòmente a correção insignificante da acidez, mas principalmente a floculação do solo. Quer dizer, a agregação da terra em flocos, provoca, automàticamente, um melhor arejamento e com isso melhores condições de microvida.

Verificamos então que a lei de MITSCHERLICH, que foi encontrada para as nossas plantas de cultura, é do mesmo modo válida para os microrganismos.

DISTRIBUIÇÃO DAS VARIEDADES DE MICRORGANISMOS

1 — Os autóctones, que verificamos em terras abandonadas, como nos pastos naturais, solos florestais, invernadas etc. *(Actynomices sp.)*

2 — Os zimogênicos das terras de cultura, dependendo de um equilíbrio dirigido pelo próprio homem. *(Azotobacter,* etc.).

3 — Os simbiontes, que não sòmente, em vários casos, têm de ser inoculados na terra, mas que dependem sobremodo dum equilíbrio de nutrientes. Assim acontece com as rizobactérias, bactérias noduladoras das leguminosas. Estas vivem como simbiontes, aumentando a produção das leguminosas, consideràvelmente, enquanto dispõem de suficientes carboidratos. No momento em que a dieta em carboidrato se torna deficiente, êles se tornam parasitas, destruindo, em pouco tempo, a sua planta hospedeira. (SEKERA).

Entre os microrganismos zimogênicos da terra de cultura, as bactérias superam, de longe, os outros. Dentre as bactérias, os bacilos esporogênicos são os mais freqüentes porque vivem em meio aeróbio mas, sobrevivem também em meio anaeróbio. Contudo, existem também bacilos absolutamente anaeróbios. Os cocos vivem sòmente nas camadas mais superficiais.

São tomadas por «bactérias da terra» as variedades, *Bac. subtilis e Bac. mesentericus*. Entre os anaeróbios os mais conhecidos são: *Clostridium butylicum* e *Cl. sporogenes*.

Em tôdas as terras encontramos mixobactérias como, por exemplo: *Chondromyces, Polyangium, Myxococcus*, etc.

Os actinomicetos, que encontramos com maior freqüência em terras abandonadas e terras naturais, são capazes de decompor carboidratos heterocíclicos em substâncias húmicas e estearinas, o que os bacilos não conseguem. De modo que, especialmente nas terras naturais e não adubadas, acumulam-se tais substâncias. Os sacaromicetos encontramos sòmente em pomares e vinhedos. (WAKSMAN).

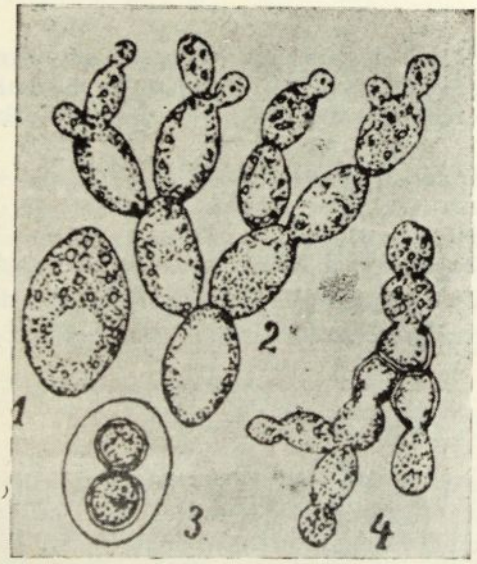


Fig. 29 — *Saccharomyces cerevisiae:* 1) célula; 2) colônia; 3) célula com dois esporos; 4) esporos germinando.

ATIVIDADES DOS MICRORGANISMOS NO SOLO

BERZELIUS disse, já em 1840: «A substância orgânica aciona sôbre o solo da mesma maneira como a levedura sôbre a massa».

Podemos classificar as atividades dos microrganismos do solo em 4 grandes grupos:

1 — Os da decomposição de carboidratos:

a) desassimilação ..... { Ácidos orgânicos; Gás carbônico; Gases de H_2 e CH_4

b) humificação

c) decomposição de substâncias húmicas.

2 — Os da transformação de nitrogênio:

a) formação de nitratos { nitrificação; formação de NH_3

b) redução de nitratos { desnitrificação; assimilação de NH_4; desaminação hidrolítica.

c) fixação de nitratos em compostos insolúveis.

3 — Os que tomam parte na decomposição mineral do solo.

4 — Os que têm ação decisiva na estrutura do solo.

A DECOMPOSIÇÃO DE CARBOIDRATOS

Desassimilação:

Na assimilação, o vegetal forma carboidratos, de gás carbônico (CO_2), água (H_2O), oxigênio e energia solar (luz e calor). Na desassimilação encontramos o inverso dêste processo. Os carboidratos orgânicos são, de nôvo, mineralizados.

a) FORMAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS

Os carboidratos, lipídios e proteínas são decompostos. As proteínas formam ácidos graxos e polipeptídios. Êstes ácidos são capazes de provocar processos secundários, dissolvendo substâncias inorgânicas. São êles neutralizados no solo por bases. Todos constituem uma fonte valiosa de carbono. Assim, encontramos na terra, ácido butírico, ácido propiônico, ácido acético e ácido fórmico.

Os carboidratos são transformados em ácidos, por bactérias anaeróbias, como o *Amilobacter* e *Clostridium butylicum*. Mas também fungos tomam parte nestes processos, especialmente o *Aspergillus niger*, que é capaz de transformar diversos açúcares em ácidos graxos.

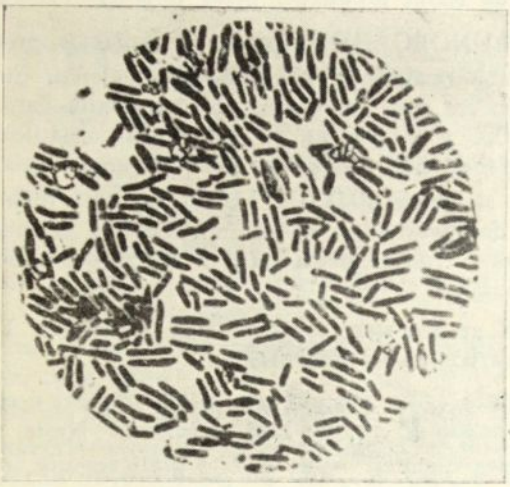


Fig. 30 — *Clostridium pasteurianum* (seg. WINOGRADSKY).

A decomposição de graxas é feita pela cisão da mesma em glicerina e ácidos graxos, sob a ação duma lipase, que várias bactérias e fungos produzem, e que é hidrossolúvel.

A glicerina é absorvida pelos microrganismos, enquanto os ácidos graxos se acumulam no chão. Êstes ácidos são finalmente usados pelos microrganismos como fonte de substâncias carbônicas. Designamos isso, por «aniquilação de ácidos». São responsáveis por êstes processos, os *Pseudomonas fluorescens* e *Micrococcus* especialmente, e outras várias espécies de fungos.

b) FORMAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO

Sòmente 0,03% do ar é gás carbônico. Porém, na camada de ar sobrejacente à terra, êste teor varia entre 4 a 10% e, no ar que circula no sistema poroso da terra, constatamos até 11% de CO_2. Êste teor oscila muito, dependendo tanto da estação do ano, do teor em matéria orgânica do solo, como do número de microrganismos e do movimento do próprio ar. Em lugares ventosos, nunca há acumulação de gás carbônico na superfície da terra.

Considerando que 1 ha de girassol, por exemplo, consome anualmente 12.000 kg. de CO_2, utilizados na fotossíntese da matéria orgânica, compreendemos melhor a sua importância.

O teor do ar em CO_2 é, porém, sòmente de 0,03% (600 kg/ha), quer dizer, completamente insuficiente para suprir tal exigência. A planta depende, portanto, do CO_2 da terra, produzido pelos microrganismos.

Conforme LUNDEGARDH, os microrganismos produzem tanto CO_2 quanto uma cultura agrícola necessita. Podemos calcular que o teor em matéria orgânica dos 15 cm superiores da terra é aproximadamente 2 a 4%; um hectare contém 40.000 a 80.000 kg de substâncias orgânicas. Como o teor de carbono da mesma é de 58%, podemos concluir que a produção de CO_2 por ano e hectare pode ser entre 20.000 a 44.000 kg, caso fôsse igual em todos os meses. Em terras de invernadas, o teor em matéria orgânica sobe até 10%, enquanto em terras arenosas decai para 1%. A produção de gás carbônico acompanha essa oscilação.

WAKSMAN apurou que, sob condições favoráveis, 1 kg de terra expira 5 a 30 mg de gás carbônico em 24 horas.

Compreendemos agora por que, em clima tropical e subtropical, as terras se esgotam mais depressa do que no clima moderado. Neste, a produção de CO_2 é limitada aos meses quentes, quer dizer, pràticamente limitada a 4 meses. Nas zonas tropicais e subtropicais temos 8 meses de intensa atividade e 4 meses com reduzida atividade microbiana. Se a matéria orgânica do solo não fôr restituída, ela se esgota no clima moderado em 10 anos e no clima tropical em 4 anos.

Segundo STARKEY, a produção de gás carbônico pode constituir um fator limitante à produção agrícola e, de fato o constitui em nossas terras. Mas, vemos também que a produção dêsse gás, essencial para a fotossíntese das plantas, depende tanto da matéria orgânica do solo, como dos micróbios que a decompõem, soltando CO_2 como um dos produtos finais de seu metabolismo.

A produção de CO_2 se regula, automàticamente, na terra. Ela aumenta tanto tempo, até o teor de oxigênio se tornar tão baixo que as condições de vida na terra se assemelham aos anaeróbios. Ali, os microrganismos se convertem em esporos. Cessando a atividade dêles, baixa o teor em CO_2 e sobe o em O_2; a vida começa, de nôvo. (RUSSELL).

Por difusão, o gás carbônico sai da terra. Isso naturalmente depende muito da estrutura física da mesma.

O maior teor de CO_2 pode-se verificar em terras de horta bem estrumadas, assim como em invernadas e culturas de trifólio; o menor em pastos permanentes.

A formação de CO_2 na terra ocorre:

a) pela atividade microbiana,
b) pela respiração radicular.

A respiração de CO_2 do solo é maior em florestas polífitas do que em florestas de pinho ou eucalipto.

Em 15 cm de profundidade constatamos a máxima produção de CO_2. Um solo do clima temperado respira anualmente entre 4.000 a 24.000 kg de CO_2 (1 m^3 de CO_2 = 1,96 kg) (STARKEY, KATZNELSON).

FONTES DE CO_2:

1 — São especialmente: a) carboidratos
b) proteínas e aminas
c) lipídios

quer dizer, matéria orgânica que por via natural se acumula na terra, isto é HUMO.

2 — Estrume, adubação verde, palha, ou seja matéria orgânica que se usa como adubo.

3 — Respiração radicular.

Na decomposição de hemicelulose, açúcares e amido, por fungos e bactérias aeróbias, mais de 50% até 80% do carbono (58% da substância orgânica é carbono) é liberado como CO_2.

A massa verde decompõe-se muito mais rápido que a matéria orgânica sêca e produz muito mais CO_2.

A quantidade de CO_2 produzido depende, porém, tanto dos organismos que decompõem a matéria orgânica, como das condições do solo (WAKSMAN).

A decomposição de proteínas em NH_3 e CO_2 é feita principalmente pelo *Bacilo micoides*. A relação entre proteínas: NH_3: CO_2 = 1 : 8 : 9.

Especial significação possui a produção de CO_2 de, celulose e pectinas. A fermentação anaeróbia de celulose produz CH_4 e H .

Os bacilos aeróbios decompõem a celulose do solo, em presença de nitratos, usando-a como fonte de oxigênio, porém, sòmente quando a reação do solo fôr de neutra para alcalina. São êles: *Bacteria celulomonas*, bactérias termófilas, micobactérias e actinomicetos. Num meio ácido, esta decomposição é feita por fungos, como *Botritis, Aspergillus niger, Trichoderma, Penicillium* etc. (LUNDEGARDH).

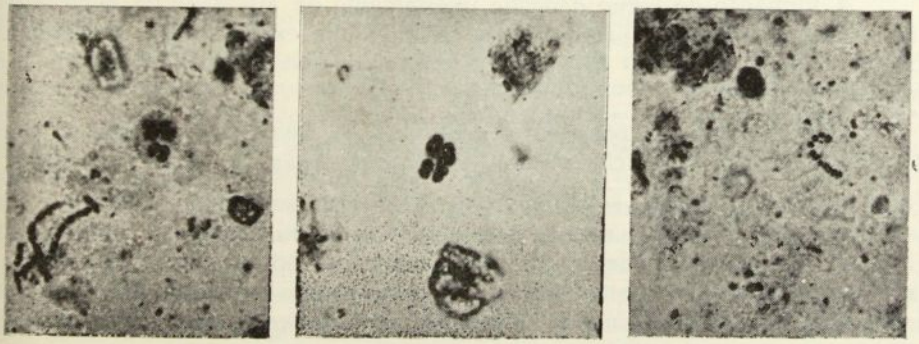


Fig. 31 — Colônias de bactérias.

As bactérias heterótrofas excretam CO_2, enquanto as autótrofas segregam produtos inorgânicos de oxidação (RUSSELL).

c) FORMAÇÃO DE METANO E HIDROGÊNIO:

Em terras de cultura, bem arejadas, a formação de metano é mínima, porém, em terras de arroz irrigadas e em pastos úmidos, esta formação é mais forte.

A formação de metano e hidrogênio, apesar de existir também em quantidade mínima em terras de cultura normais, pràticamente, nunca pode ser constatada aqui, porque êstes são prontamente absorvidos por bactérias hidrogenomonas e bactérias metanomonas que os oxidam.

Especialmente a bactéria *Metanomona metanica,* absorve metano (CH_4) e produz gás carbônico e água. Esta bactéria é um flagelado muito móvel, apesar de seu tamanho ser de sòmente 1,5 a 2 micro. Em terras úmidas e encharcadas, porém, sob condições anaeróbias, forma-se metano em grande quantidade, sendo altamente venenoso para os vegetais. Também o monóxido de carbono (CO), que às vêzes se forma pela adubação, é prontamente absorvido pela bactéria *Carboxydomona oligacarbofila,* da família das nitrobactérias, que o oxida para CO_2. Seu «optimum» de temperatura é + 25°C.

A decomposição de matéria orgânica sob condições anaeróbias é muito lenta e liberta pouca energia. Enquanto uma molécula de açúcar na sua oxidação libera 690 calorias, na sua conversão para metano liberta sòmente 50 calorias. Assim, os organismos anaeróbios necessitam muito mais matéria orgânica para obter a sua energia do que os aeróbios.

A fertilidade do solo depende, em parte, da fração orgânica do solo, cuja decomposição e mineralização é feita por microrganismos.

De magna importância para os microrganismos é a humina, oriunda principalmente da lignina, que é uma fonte de energia (C). Transformam-na parcialmente em huminoácidos (HAIDER, LIMT, FLAIG).

H U M O

A formação de humo depende inteiramente da atividade da microflora e fauna. Todos os fatôres que diminuem a atividade excessiva dos microrganismos favorecem a formação de humo, mas aquêles que o inibem, impedem também a humificação.

THOM distingue, por isso, a decomposição «explosiva» da massa verde, não fibrosa, da decomposição «lenta» de matéria orgânica fibrosa em humo.

No clima tropical, assistimos pois, a uma mineralização violenta e completa da matéria orgânica, nunca se acumulando humo, apesar de termos, aqui, principalmente, terras ácidas, onde mais fàcilmente ocorre essa acumulação de matéria orgânica, do que em terras alcalinas. Sòmente acima de 1000 m de altitude, onde a temperatura é mais baixa, podemos encontrar humo (VAGELER).

A relação C/N é bastante estreita em zonas áridas, estreita em pastos e larga em terras de cultura (DURASOW).

A relação entre C : N = 10 : 1 na planta e no corpo do microrganismo.

No humo, porém, aumenta esta proporção com:

1 — o decréscimo da temperatura,
2 — a diminuição do pH,
3 — o decréscimo de teor em oxigênio,
4 — o aumento da altitude,
5 — o aumento das precipitações.

Isso significa: onde a vida microbiana é menos intensa aumenta esta proporção de C : N no humo, graças à diminuta «mineralização» da matéria orgânica. As bactérias decompõem principalmente amidos, proteínas etc. e não atacam a lignina, celulose e hemicelulose. Podemos encontrar assim, em vários tipos de humo, uma relação de 14 : 1 a 20 : 1 de C : N. Isso provoca o fato das bactérias procurarem nitrogênio minerálico para suprir o deficit em azôto, tirando êste, diretamente, do alimento vegetal quando consomem o humo (McLEAN, ARCHARYA, HARDY).

Sabemos, por outro lado, que tôdas as medidas que encorajam a decomposição, contribuem decisivamente para a aproximação da relação C : N, porque os carboidratos são gastos em forma de energia microbiana e o nitrogênio permanece no solo.

WAKSMAN encontrou a regra que: «a relação entre C : N se aproxima com a crescente velocidade de decomposição».

Assim, a prática da calagem, o arejamento do solo pela aração, com temperaturas igualmente altas e com suficiente umidade, contribuem para a aproximação da relação C : N, permitindo a formação dum humo mais valioso.

O mais interessante do humo é, sem dúvida, o fato de que, segundo HOWARD, parasitas e doenças vegetais desaparecerem nas terras onde existir de 3 a 5% de humo. Em outras palavras: ONDE HÁ INTENSA ATIVIDADE MICROBIANA, AS CULTURAS SÃO SADIAS, isso quer dizer, que não há safras altas nem culturas sadias, sem uma microvida equilibrada.

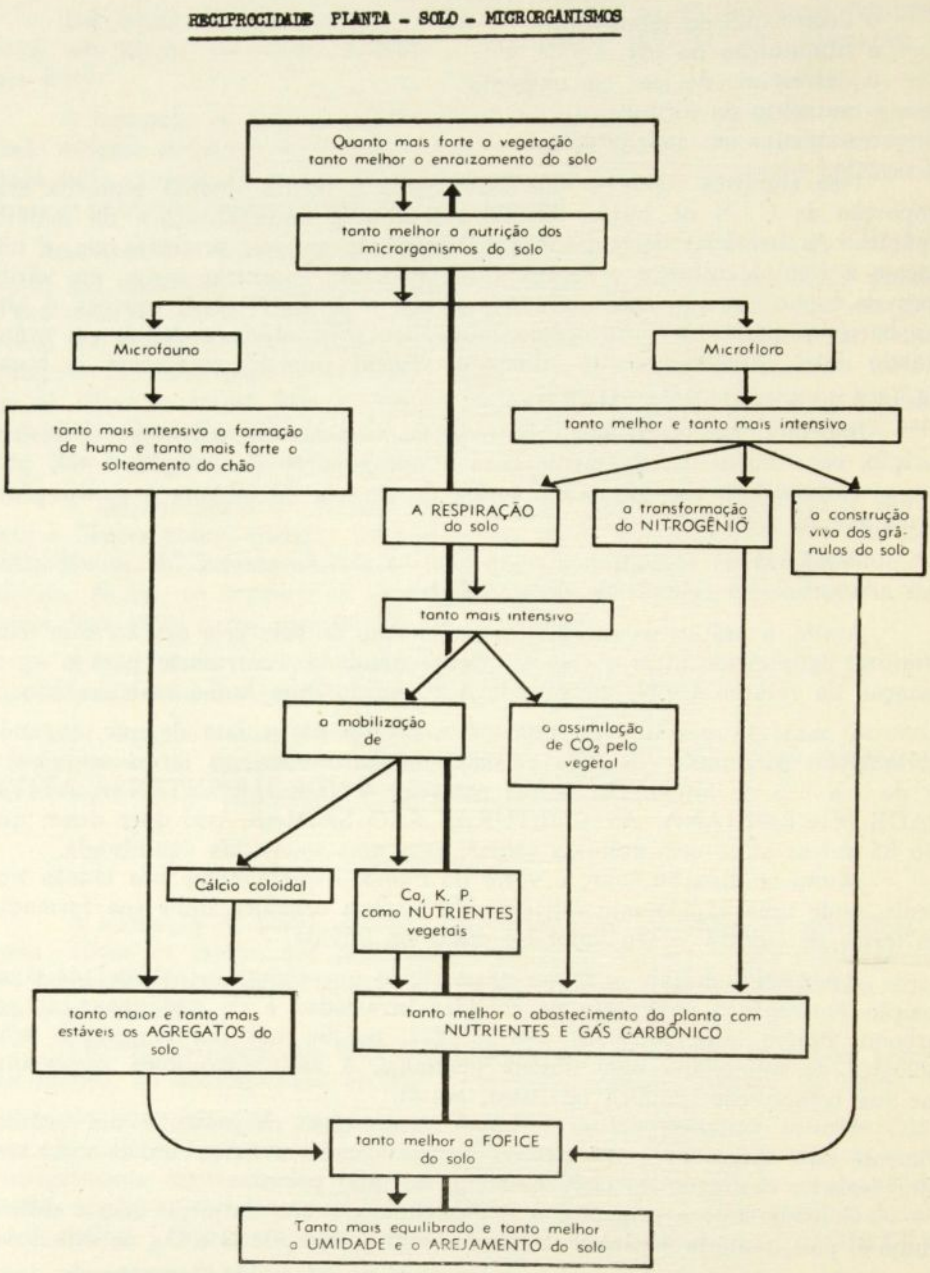
Muito se discutiu sôbre o valor do humo. Especialmente nos climas tropicais, onde uma rápida mineralização da matéria orgânica inibe sua formação em terras de cultura, o seu valor foi pôsto em dúvida.

RAMANN definiu o humo como sendo um complexo coloidal de composição heterogênea, composto de colóides invariados e de matérias ricas em carbono. Porém, esta definição não satisfaz, porque não diz respeito à ação biológica do humo, que sem dúvida nenhuma, é muitíssimo mais importante que sua composição química ou física, em si.

Muitos tentaram definir o humo, mas nunca chegaram a um acôrdo. Sòmente não chegaram a um acôrdo porque consideravam o humo como um fator isolado, desligado do ciclo biológico ao qual pertence.

Considerando a origem e o fim do humo, a sua definição não é difícil. Humo é, pois, matéria orgânica sintetisada, enriquecida de N e O_2, de difícil decomposição, que constitui a reserva energética da microvida, tamponando, também, eficazmente o solo (SEKERA).

SEKERA ilustrou a importância do humo no seguinte esquema:



Gráf. 6 — Relações recíprocas entre Planta-Solo-Microrganismos

Os benefícios do humo são:

1 — constituir uma reserva de energia para os microrganismos,
2 — ser uma fonte de gás carbônico para os vegetais,
3 — aumentar, através do ácido húmico, o poder-tampão do solo,
4 — contribuir para a fofice do solo,
5 — ser o fator mais notável do complexo coloidal.

O gráfico 6 mostra que, para alcançar os efeitos benéficos sôbre a estrutura do solo, não é necessário ter humo, isto é, matéria orgânica conservada. É suficiente existir matéria orgânica. Porém, o humo possui qualidades que não podem ser substituídas por nenhum outro produto, salvo o estrume bem curtido, que é também humo.

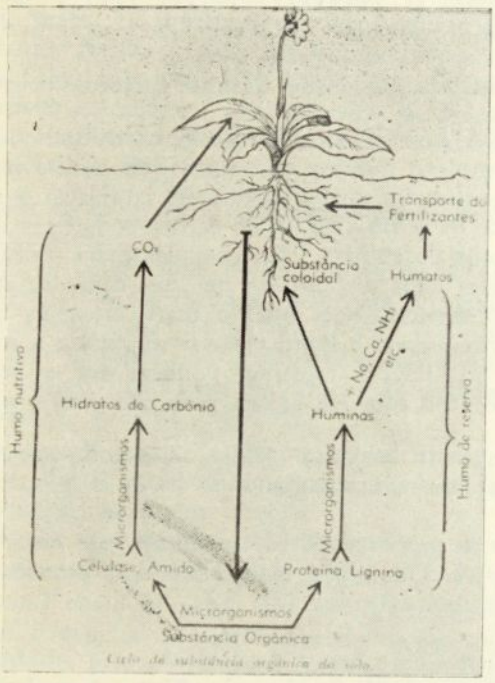


Fig. 32 — Ciclo da substância orgânica do solo (seg. SEKERA).

Distinguimos três componentes no humo:

1 — humina, a fração insolúvel em meio alcalino,
2 — ácido húmico, a fração solúvel em meios alcalinos, mas não em ácidos,
3 — ácido fúlvico, a fração solúvel em meios alcalinos e ácidos.

Sabemos que os limites entre estas três frações húmicas desaparecem e não há distinção nem definição exata, do ponto de vista químico.

O complexo orgânico chamado humo, não é uma substância simples, mas um composto complexo de minerais, oxigênio, hidrogênio, carbono e nitrogênio.

A parte carbônica existe em várias formas de açúcares: galactose, glicose, manose, xilose, arabinose, ribose, etc. Apesar de se formar também celulose, não contém mais nenhuma parte dessa substância e os poucos polissacarídios que se encontram no humo, podem provir tanto da celulose como de microrganismos mortos.

A composição do humo é mais ou menos a seguinte:

Carbono	58,3%
Nitrogênio	5,9%
Oxigênio	31,2%
Hidrogênio	4,5%

O restante são minerais, como fósforo, enxôfre, cobre, magnésio, etc.

RIDALEVSKAJA e TISCHENKO descobriram que a capacidade de troca-adsorção do complexo húmico está entre 280 a 490 mili-equivalentes por 100 g de terra. As qualidades do humo diferem conforme o solo onde se forma e, segundo ANDERSON e BYERS, o de terras podsólicas é absolutamente inferior ao de terras boas de cultura. Nas camadas mais profundas do solo existe uma relação C : N bem mais distante do que nas camadas superficiais, o que é absolutamente compreensível, pois quanto mais intensiva a vida microbiana, tanto mais carbono necessitam e tanto mais se aproxima a relação C:N húmico.

WILSON e STARKER mostram também que a proporção C : N está relacionada com o teor do solo em cálcio, mas não com o pH.

Mesmo em terras bastante ácidas, a decomposição pode ser rápida, quando o cálcio é aplicado, aproximando-se assim a proporção C : N.

Normalmente, a proporção C : N no humo está entre 8 a 10 quer dizer, C : N = 8 : 1 ou 10 : 1. Quando é maior que dez, provoca depressões no desenvolvimento da cultura agrícola.

EVANS apurou que o poder de ácido húmico em fixar catíons, é muito superior ao dos colóides argilosos do solo. Terras sem humo estão completamente lixiviadas, quando lavadas com cloreto de sódio, enquanto solos humosos nunca largam todos os seus catíons. Especialmente os bi - e trivalentes estão firmemente ligados, podendo ser substituídos, porém, na seqüência seguinte:

Zn-Cu-Co-Ni-Fe (Ferroso) Mn-Ca
o mais fraco o mais forte

Êste poder de fixar catíons, tanto em forma de íons como em forma de quelatos, contribui decisivamente para o aumento do poder-tampão do solo e evita a lixiviação.

NG SIEW KEE pôde constatar que em presença de humo aumentava a aproveitabilidade de P,Fe,Mo,Co,B,Zn,Mn,Ni,Pb,V, mas baixava a de Cu. Pode-se explicar isso, pelo desequilíbrio entre Cu : N, não se tratando de uma reduzida absorção, mas de um deficit relativo, ocasionado pela abundante disponibilidade de nitrogênio.

HUMIFICAÇÃO

As matérias húmicas são matérias amorfas de consistência coloidal e de composição heterogênea e bem mais complexa que matéria orgânica.

A lignina é a matéria-prima mais importante na produção de humo. Ela é decomposta por basidiomicetos que formam, de derivados de fenol, uma zona de oxidação escura em volta do seu micélio. *O Azotobacter chroococcum* tinge o substrato de prêto, na decomposição de ácidos benzóicos, que êle usa como fonte de carbono. Nestas decomposições, os fungos destroem sòmente a substância básica de celulose, sobrando a lignina como matéria amorfa, marrom e floculada, de consistência húmica. Mas também na decomposição de taninos produzem-se corantes marrons, como igualmente de complexos aromáticos, provenientes da decomposição de proteínas.

A matéria húmica da terra é caracterizada pelo seu alto teor em nitrogênio de difícil decomposição.

Humo é uma perpétua fonte de energia no solo, que satisfaz 90% do consumo dos microrganismos em carbono. Mas, sua importância na agricultura, é especialmente a sua qualidade de flocular o solo peptizado, formando a tão desejada estrutura fôfa da terra, de funcionar como dissolvente, em especial para os quelatos de fósforo insolúveis no solo e de aumentar decisivamente o poder-tampão (SEKERA, ROOTS, HOPP).

Em clima temperado temos a formação de humo na terra; porém, no clima tropical, êste se forma sòmente em terras que estão o ano inteiro sombreadas, ou seja, sòmente nas matas virgens.

Isso significa que a maioria dos brasileiros tem de encarar o problema do humo no solo, não como «conserva de CO_2» e parte integrante do complexo de adsorção, mas como alimento dos microrganismos do solo, porque o último fim do humo é, sem dúvida nenhuma, ser alimento dos micro-sêres do nosso solo. A produção de flocos de terra, é provocada, não sòmente pelo humo, mas também pela cal e pelos fungos, bactérias e actinomicetos. Os fungos pegam, com o seu micélio pequenas partículas minerais, unindo-as mediante as suas excreções gomosas em agregados maiores. Porém, uma terra verdadeiramente bem tamponada, é sòmente aquela, que possui boa porcentagem de humo. (RUSSELL).

Sabemos que os microrganismos tomam parte, tanto na formação como na decomposição do humo. Porém, a decomposição não é sòmente biológica mas também de natureza química, como, por exemplo, todos os processos de oxidação e redução. Mas, sem a menor dúvida, a parte biológica é a mais importante. Especialmente os cocos, fungos, e bacilos servem-se do humo como fonte de nitrogênio e gás carbônico. As algas, que têm outras condições de vi-

da, podendo sintetizar a luz solar pela clorofila, não tomam parte na decomposição húmica, que é realizada, porém, por grande quantidade de microanimais, como flagelados, rizópodes, ciliados, rotatórios, moluscos e nematóides. Os mais importantes animais nestes processos são as minhocas, que logo iniciam a mistura da matéria orgânica com o solo, aumentando e até possibilitando a atividade da microflora (KÜHNELT).

LYFORD constatou que a microfauna prefere as fôlhas com um teor em cálcio de 1,88%, enquanto as fôlhas pobres em cálcio, pràticamente, não são tocadas. Em solos com água estagnada, especialmente em gleis, existe uma inibição da decomposição e mistura da fase orgânica com a mineral, pela microfauna (FOURMAN).

Geralmente, a microfauna não promove sòmente a mistura da matéria orgânica com o solo, mas também cuida da distribuição da microflora, que carrega em suas tripas, a outros lugares (WERNER).

Em terras ácidas, que não permitem um normal desenvolvimento da micro e mesofauna, o humo acumula-se, em razão disso, na superfície do solo dos pastos e florestas, sem ser misturado com a fase minerálica (FRANZ, GLINKA).

Isso provoca a gradativa gleização dos solos, que finalmente, termina na formação de pântanos. Grande parte dos solos do Rio Grande do Sul encontram-se em avançado estado de paludização, justamente por falta de microfauna nos seus solos decadentes, de pastos permanentes, que, sem métodos especiais, não podem ser recuperados.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON,M.S. e BYERS,G.H. Soil Sci, 38: 121, 1934.
ARCHARYA,C.N. et al. Indian J. Agric. Sci. 16: 178, 1946.
ARNON,D.I. Bot. Gaz. 104: 576, 1943.
ARRHENIUS,O. «Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum», 1926, Leipzig.
BARLEY,K.P. Adv. Agron. 13: 249-268, 1961.
BERGEY's «Manual of Determinative Bacteriology», 1948, Baltimore.
BERZELIUS,J. «Traité de Chimie», 1838, Brussel.
BONNIER,C. I.N.E.A.C. Sci. Ser. Publ. 72, 1957.
BORNEBUSCH,C.H. Forest Forsoegso. Danmark, 11: 1, 1930.
BRAUN,H. Der Kartoffelb. 11: XI, 1959.
BRIAN,P.W. Bot. Rev. 17: 357, 1951.
BURGES,A. «Microrganisms in the Soil», 1958, London.
CHOLODNY,N. e ROSSI,J. Nuevi Ann. dell'Agricolt. 7: 92, 457, 1927.
Arch. Mikrobiol. 1: 620. 1930.
CRUMP,L.M. J. Agr. Sci. 10: 132, 1920.
CUTLER,D.W. e CRUMP,L.M. «Problems in Soil Microbiology», 1935, London.
DAVEY,C.B. e PARAVIZAS,C.G. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 164-167, 1963.

DONNER,J. Österr. Zool. S. 2: 117-151, 1949.
DRECHSLER,C. Biol. Rev. 16: 265, 1941.
DURASOW,A.M. Pochvovednie 7: 29-34, 1961.
ERIKSON,J. Ber. Deut. Bot. Ges. 12: 329, 1894.
ERIKSON,D. J. Gen. Mikrobiol. 1: 45, 1947.
EVANS,L.T. N.Z.J. Sci. Tech. 36 A: 516, 1953.
EVANS,L.T. N.Z.J. Sci. Tech. 31 A Suppl: 42, 1953.
EVANS,L.T. J. Soil Sci. 10: 110, 1959.
FEHÉR,D. «Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens», 1933, Berlin.
FELDMANN,A. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 78: 54-65, 1957.
FRANK,B. Ber. Deut. Bot. Ges. 3: 128, 1885.
FRANZ,H. «Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege», 1950, Berlin.
FRANZ,H. Forsch. Dienst. 13: 320, 1942.
FORSSLUND,K.H. Medd. Skogsförsöksamt 34: 1, 1945.
FOURMAN,K.L. Mitt. Forstwirt. u. Forstwiss. 596-615, 1936.
GARBOSKY,A.J. e GIAMBIAGI,N. Plant. and Soil, 17: 271-278, 1962.
GARRETT,S.D. New Phytol. 50: 149, 1951.
GARRETT,S.D. «Biology of Root Infecting Fungi», 1956, Cambridge.
GÄUMANN,E.A. «Die Pilze», 1951, Basel.
GELTSER,F.Y. Trans Sov. Sect. Int. Soc. Soil Sci, 5: 115, 1936.
GELTSER,F.Y. «The Significans of Soil Micro-Organisms in the Formation of Humus», 1940, Moscow.
GELTSER,F.Y. Pedology, 8: 421, 1945.
GILMAN,J.C. «A Manual of Soil Fungi», 1945, Iowa.
GISIN,H. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 22: 422, 1949.
GLINKA,K. «Die Typen der Bodenbildung», 1914, Berlin.
HAIDER,K, LIM,S.U. FLAIG,W. Landw. Forsch. 15: 1-9, 1962.
HARDY,F. Trop. Agr. Trin. 22: 119, 1945.
HARLEY,J.L. e WAID,J.S. Trans. Brit. Mycol. Soc. 38: 104, 1955.
HARTGE,K. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 85 (130): 214-227, 1959.
HEYMONS,R. Z. Pflanzenern. Düng. A 98: 129, 1929.
HOFMANN,E. e SEEGERER,A. Biochem. Zschft. 321: 97, 1950.
HOPKINS,D.P. «Chemicals Humus and the Soil», 1956, London.
HOPP,H. e FINK,A. Z. Bodenk. Pflanzenern. 58: 1952.
HOWARD,A. Sir, «An Agricultural Testament», 1951, London.
IVANIC,M. Zool. Anz. 74: 313-321, 1928.
JAMES,N. e SUTHERLAND,M.L. Canad. J. Res. 18C-21C: 3, 1940.
JEGEN,G. Landw. Jb. Schweiz 34: 55-71, 1920.
JENSEN,H.L. Soil Sci. 31: 123, 1931.
KATZNELSON,H. Soil Sci. 62: 343. 1946.
KOLODZIEY,B., SLEPECKY,R.A. Nature, 194: 504-505, 1962.
KOPELOFF,S. et al. Zbl. Bakteriol. 46: 28, 1916.
KUBIËNA,W. Z. Bodenk. Pflanzenern. 29: 100, 1942.
KUBIËNA,W. Soil Res. 3: 91-102, 1932.
KÜHNELT,W. «Bodenbiologie», 1950, Wien.
KÜHNELT,W. «Soil Biology», 1961, London.

LEACH,L.D. J. Agric. Res. 75: 161, 1947.
LUNDEGARDH,H. Soil Sci. 23: 417-450, 1927.
LWOFF,A. Acad. Press N. York, Vol. 1, 1951.
LYFORD,W.H. Ecology 24: 252-261, 1943.
McLEAN,W. J. Agric. Sci. 20: 348, 1930.
MARKUS,E. Zool. Jb. Allg. Zool. 44: 323-370, 1928.
MATTES,O. Zool. Anz. 76: 45-53, 1928.
MIKOLETZKY,H. Arch. Naturwiss. Abt. A: 1-650, 1921.
MILLER,P.M. e WAGGONER,P.E. Plant and Soil 18: 45-52, 1963.
MITCHELL,R. e ALEXANDER,M. Soil Sci. 93: 413-419, 1962.
MITSCHERLICH,E.A. Landw. Jb. 58: 601, 1923.
MORRIEL,L.G. e DAWSON,J.E. J. Bacteriol. 18: 45-52, 1963.
MÜLLER,G. e FORSTER,I. Zbl. Bakter. II, 114: 1-10, 1961.
MÜLLER,G. Z. Acker u. Pflanzenbau, 93: 1951.
MÜLLER,H.J. Beitr. Entm. 4: 1-56, 1954.
MÜLLER,H.J. Ber. Z. Wanderv. Deut. Entm. 102-120, 1955.
MUZ,R.F. e LUNDGREEN,D.G. Soil Sci. 92: 302-313, 1961.
NASIR,S.M. Ann. Appl. Biol. 10: 122-123, 1923.
PANIC,J. citado em KÜHNELT,W. Bodenbiologie», 1961, London.
PARK,D. Trans. Brit. Mycol. Soc. 40: 283, 1957.
PONOMAREVA,S.J. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 97: 205-215, 1962.
PRIMAVESI,A. «Erosão», 1952, São Paulo.
PRIMAVESI,A. et al. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 105 (1), 22-27, 1964.
RAMANN,E. «Bodenkunde», 1911, Berlin.
RAMANN,E. Mitt. Bodenk. 1: 138-164, 1911.
RANGASWAMI,G. J. Indian Soc. Soil Sci. 9:193-195, 1961.
RAPER,K.B. Amer. J. Bot. 27: 436, 1940.
RIDALEVSKAJA,M.D. e TISCHENKO,V.V. Pedology 491, 1944.
RIHA,G. Zool. Jb. Syst. 80: 407-450, 1951.
RISHBETH,J. Rev. Potassa Sec. 23/25: 1-7, 1961.
ROBINSON,G.W. «Los Suelos», 1960, Barcelona.
ROOTS,B.L. Landw. Jb. Schweiz, 1928.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961 (9º Edit.) London.
RUSSELL,E.J. «Plant Nutrition and Crop Production», 1947, London.
RUSSELL,E.J. «Protozoa of the Soil», 1941, London.
SACHS,H. Zool. Jb. Syst. 19: 209-272, 1950.
SAKARDI,J. Agro-Química 6: 275-285, 1962.
SAUERLANDT,W. e MARZUSCH-TRAPPMANN,M. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 97: 216-223, 1962.
SCHACHTSCHNABEL,P. Z. Bodenk. Pflanzenern. 22-23: 643, 1940.
SCHACHTSCHNABEL,P. Landw. Forsch. 17: 62, 1962.
SCHEFFER,F. et al. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 90 (135): 214-227, 1959.
SCHEFFER,F. KICKUT,R. e VISSER,J.H. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 98: 114-120, 1962.
SCHOFIELD,R.K. e TAYLOR,A.W. J. Chem. Soc., 4445, 1954.
SCHUSTER,R. Z. Morph. u. Ökol. Tiere, 45: 1-33, 1956.
SEKERA,F. «Der gesunde und der kranke Boden», 1943, Berlin.
NG SIEW KEE, Plant and Soil 16: 108-135, 1962.

SMITH,F.B. e BROWN,P.E. J. Amer. Soc. Agron. 23: 909-916, 1931.
STARKEY,R.L. Soil Sci. 17: 293-314, 1924.
STARKEY,R.L. Soil Sci. 32: 367, 1931.
STEINER,G. e HEINLY,H. J. Wash. Acad. Sci. 12: 367-386, 1922.
STEINER,G. e ALBIN,F.E. J. Wash. Acad. Sci. 36: 97-99, 1946.
TCHETYRKINA,J. Travaux Inst. Rech. Biol. Perm. 2: 433-468, 1930.
THOM,C. e CLARK,F.E. Trans 3rd Comm. Int. Soil. Sci. A 94, 1939.
TIMONIN,M.I. Plant and Soil, 14: 323-334, 1962.
TUCKER,C.M. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 153: 208, 1931.
VAGELER,P.E. «Grundriss der Tropischen und Subtropischen Bodenkunde», 1938, Berlin.
VAY,J.E. de, Ann. Rev. Microbiol. 10: 115, 1956.
VOORVE,P.K. J. van der, Booren Spade 12: 1-5, 1962.
VUILLEMIN,P. e LEGRAIN,E. C.R. Acad. Sci. Paris, 118: 549-551, 1894.
WAKSMAN,S.A. «Antonie van Leeuwenh.», 12: 49, 1947.
WAKSMAN,S.A. Fortschr. Naturw. Forsch. 10: 1-16, 1930.
WAKSMAN.S.A. «Principles of Soil Microbiology», 1927, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. e HENRICI,A.T. J. Bact. 46: 337, 1943.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WAKSMAN,S.A. «The Actinomycetes», 1950, Massachus.
WATERS,R.A. S.N.Z.J. Sci. Tech 36 A: 516, 1955.
WERNER,E. Morph. u. Ökol Tiere, 6: 150-207, 1926.
WIESER, 1956, citado em KÜHNELT,W. «Die Bodenbiologie», pg. 80, 1961, London.
WILSON,B.D. e STARKER,E.V. Cornell Agr. Exp. Sta. Bul. 537, 1932.
WILLIAMS,C.N. Plant and Soil, 15: 1-12, 1961.
WINOGRADSKY,H. Soil Sci. 39: 5, 1935.
WINOGRADSKY,S.N. «Microbiologie du Sol», 1949, Paris.
ZEILINGER,A. «Landwirtschaftliche Mikrobiologie», 1959, Wien.
ZIEMIECKA,J. Zbl. Bak. II, 91: 379, 1935.
ZOPF,W. N.A.A.C.L. German. Nat. Curios. 50, 1888.

92

CAPÍTULO III

FONTES DE NITROGÊNIO NO SOLO

FONTES DE NITROGÊNIO NO SOLO 95
TRANSFORMAÇÃO DE NITROGÊNIO 96
FORMAÇÃO DE AMONÍACO 97
NITRIFICAÇÃO 99
FORMAÇÃO DE NITRITOS 100
FORMAÇÃO DE NITRATOS 102
RESÍDUOS DAS COLHEITAS 102
ADUBAÇÃO VERDE 102
FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO 104
PROCESSO DA NODULAÇÃO 107
BIBLIOGRAFIA 111

94

FONTES DE NITROGÊNIO NO SOLO

As três fontes de nitrogênio das quais a planta dispõe, são:

1 — O nitrogênio mineral sendo êste:

a) provindo da própria fração argilosa da terra;
b) de adubos químicos.

2 — O nitrogênio orgânico que é oriundo, em sua totalidade, de restos animais, vegetais e microbianos.

3 — O nitrogênio atmosférico que entra na terra:
(sôbre cada hectare de terra existem 75.000 toneladas de nitrogênio atmosférico);

a) por simples vias físicas, tratando-se aqui de quelatos hidrossolúveis de nitrogênio, que entram no solo pelas águas pluviais ou que são absorvidos pela camada superficial da terra. Trata-se aqui, porém, de quantidades mínimas e insignificantes (especialmente NH_3).

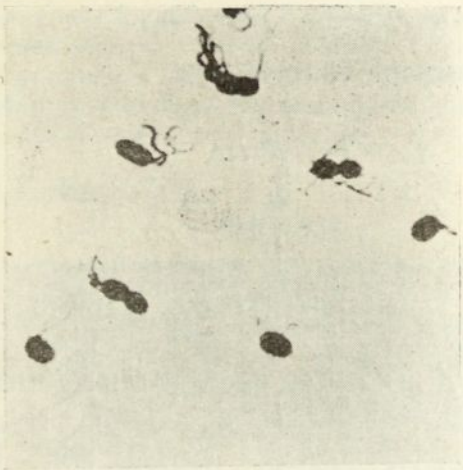


Fig. 33 — *Azotobacter agilis* com flagelos (seg. BEIJERINCK).

b) por fixação bacteriana

I — por não simbiontes como os *Clostridium*, todos os tipos de *Azotobacter*, *Diplococcus pneumoniae* e outras bactérias não esporogênicas; *Bac. asterosporus* e outras bactérias esporogênicas que fixam nitrogênio sem ser fotossintéticas;

II — por simbiontes,
III — pela alga verde-azulada.

TRANSFORMAÇÃO DE NITROGÊNIO

Formação de amoníaco e nitratos:

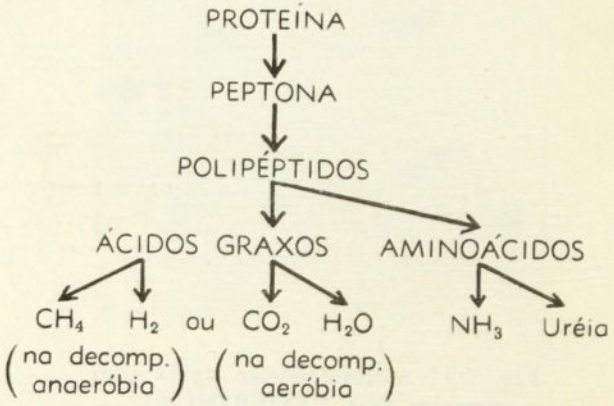
As matérias-primas na formação de NH_3 são substâncias protéicas da matéria orgânica. A palha contém 1% de nitrogênio, enquanto que a massa verde de leguminosas, antes da florescência, contém 15 a 20%.

Os microrganismos são, decisivamente, responsáveis pela decomposição, que principia pela simples hidrólise de proteínas e, sôbre diversos produtos intermediários, formam finalmente amino e diaminoácidos.

As proteínas variam muito segundo os aminoácidos que as compõem. A quantidade de NH_3 produzido depende das espécies de microrganismos (MARSHALL), das proteínas e da disponibilidade de carboidratos.

A estrutura do solo decide sôbre a decomposição porque, conforme as condições que ela oferece aos micróbios, êstes provocam diferentes reações; assim, a mesma raça pode provocar tanto uma desaminação oxidativa, uma descarboxilação ou uma redução, conforme o ambiente em que se encontra (WAKSMAN).

Esquema da decomposição de proteínas:



Os microrganismos podem formar ecto e endo-enzimas. Estas possuem, parcialmente, qualidades proteolíticas, quer dizer, são enzimas também chamadas proteases, que podem cindir as moléculas de proteína e aminoácidos (amílase e desaminase).

A decomposição dos ácidos pode efetuar-se pela descarboxilação ou pela desaminização, porém formam-se, em ambos os casos, NH_3 (amoníaco) e ácidos graxos.

Na decomposição de proteínas, encontramos, sempre a formação de ácido butírico, ácido valeriânico, ácido acético e ácido fórmico.

Sob condições aeróbias, os ácidos graxos oxidam-se completamente, resultando CO_2 e água. Os microrganismos tiram disso o máximo de energia utilizável por êles. Sob condições anaeróbias, a oxidação não é completa. Por isso encontramos, ou acumulações de ácidos graxos, ou metano.

Sob condições anaeróbias, na decomposição dos ácidos diamínicos, ocorre a produção de diaminas, substâncias altamente venenosas para os vegetais.

Por outro lado, formam os microrganismos na decomposição de proteínas, vários «indol», dos quais alguns, são fatôres altamente benéficos ao crescimento do vegetal, como por exemplo, o indol-ácido-acético. Chamamos êstes «indol» de fitohormônios. (WAKSMAN).

Vários fungos e bactérias são capazes de sintetizar êstes hormônios, como, por exemplo, no caso do «Rizopim».

Lecitina, colina, etc. são todos decompostos pelos microrganismos, resultando sempre amoníaco, dióxido de carbono, metano e água.

Esta decomposição pelas bactérias é tão violenta que, pondo um pouco de terra na estufa sob base de ágar-ágar, êste é decomposto também em amoníaco, água e CO_2, depois de uns dez dias de incubação. Por outro lado, isso significa que as bactérias têm meios de «produzir» umidade, que é de extrema importância em nossos solos de cultura. (RUSSELL).

Os ácidos produzidos na decomposição de proteínas são, geralmente, hidrolisados mediante uma enzima, produzida pelas bactérias, porque as bactérias se aproveitam dos liberados neste processo.

A FORMAÇÃO DE AMONÍACO

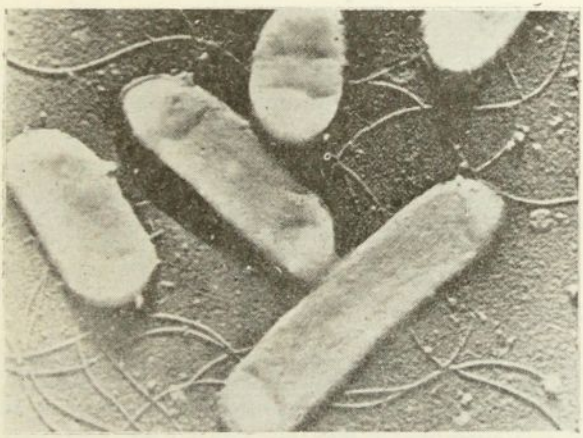


Fig. 34 — Bactéria flagelada (aumento 25.000 vêzes. (seg. RUSSELL).

A formação de amoníaco ocorre, sòmente, quando as condições de vida para as bactérias são satisfatórias.

Temperatura baixa, pH baixo, pouca umidade, } restringem o número de bactérias, diminuem sua atividade e evitam conseqüentemente a formação de NH_3.

As análises químicas nunca revelam mais que 0,005 a 0,003 mE/100 g de NH_3 no solo, o que corresponde a mais ou menos 30 kg/ha. Isso se explica pelo fato de que o amoníaco é sòmente um produto intermediário num processo de decomposição, sofrendo, logo depois de sua formação, uma oxidação. Podemos encontrar maiores quantidades ùnicamente quando o equilíbrio biológico do solo for perturbado. (DORYLAND).

A decomposição de proteínas pode ser tanto aeróbia como anaeróbia, participando grande quantidade de espécies de microrganismos.

As principais variedades aeróbias são:

Bacilus subtilis: é muito comum, os bastonetes são curtos, com as pontas arredondadas, os esporos são ovais. É poderoso decompositor de proteínas (libera 23% de NH_3).

Bac. mesentericus: bastonetes de 0,8 - 2,4 μ. Liquidifica com facilidade a gelatina. (libera 36% de NH_3).

Bac. micoides: bastonetes de 1,6 a 3,6 μ, com esporos ovais, forma, na gelatina, colônias características que se assemelham a um micélio de fungos. Por isso o nome *Micoides*. É um poderoso decompositor de proteínas (libera 46% de NH_3).

Bactérias que não podem formar esporos:

Proteus vulgaris pode mudar a sua forma conforme o ambiente onde se encontra. Não forma esporos, é muito ágil; bastonetes de de 1,6 a 1,7 μ. É o típico bacilo de putrefação.

Pseudomonas fl. putidus, Ps. fluorescens, cocos e actinomicetos, *Serratia marcescens* e *Bac. cereus* tomam parte na formação de amoníaco (NH_3) (CONN, ZEILINGER).

Bactérias anaeróbias:

O *Clostridium lentiputrescens* é a clássica bactéria da putrefação.

Sabemos, porém, que o *Bac. mesentericus* forma em maior abundância amoníaco de que, por exemplo, o *Bac. micoides*. Êles perfazem 15% da micropopulação da terra e, acredita-se, dão início à decomposição das proteínas para serem depois totalmente decompostas por outra bactéria.

Por outro lado, foi apurado que as bactérias que não podem formar esporos, são bem mais ativas na decomposição de proteínas do que as que for-

mam esporos. Assim o *Bac. cereus* é o mais ativo no primeiro grau da hidrólise da decomposição das proteínas. Também os fungos são vigorosos decompositores de proteínas, variando a sua eficiência segundo a raça.

Fungos:

Aspergillus aericola,
Cephalothecum roscum,
Penicillum acaulium, («arsen fungi»)
Botritis,
Moniliaceas, (crescendo em círculos)
Micodermes,
Oosporas, etc.

Decompõem proteínas e aminas, especialmente em ambientes ácidos, que não convêm às bactérias. A decomposição depende, porém, muito da forma em que as proteínas ou as aminas se encontram.

A NITRIFICAÇÃO

Por nitrificação, entendemos a oxidação do amoníaco em ácido nítrico (HNO_3). PASTEUR foi o primeiro a acreditar que êste processo podia ser de natureza bioquímica. Antes, a nitrificação era considerada puramente química Sòmente SCHLÖSING e MÜNTZ conseguiram provar a exatidão desta idéia de PASTEUR quando, no estudo da clarificação das águas de esgôto pela filtração, verificaram, que um líquido que continha sais de amoníaco, se modificava, quando passava num cano de 1 m cheio de areia. A amônia, que passava pelo cano, saiu, parcialmente, como ácido nítrico. No entanto, quando se aquecia a areia do filtro, a produção de HNO_3 não ocorria. Pode-se concluir que a oxidação da amônia, dava-se devido à existência de microrganismos. Sòmente onze anos mais tarde, (1911), WINOGRADSKY separou os bacilos que causavam a nitrificação.

O motivo pelo qual os cientistas antes não descobriam estas bactérias, prende-se a erradas composições de ágar, ao qual juntavam muita matéria orgânica. Mas não porque as bactérias não a aproveitassem, mas simplesmente porque os aminoácidos e glicoses impediam a oxidação, no processo da nitrificação.

WINOGRADSKY usou geloses inorgânicas, como galerta de silício, e constatou que em substratos puramente minerais os nitrificantes se desenvolveram bem.

A quantidade de nitratos oscila muito porque depende do próprio solo, do clima e da cobertura vegetal. Segundo RAMANN, para 1 milhão de partes de terra, existem sòmente seis partes de salitre. O nitrogênio da terra está muito sujeito à lixiviação pelas águas pluviais. (2 - 20 ppm).

Sabemos hoje, que a nitrificação não é um simples processo químico, o que prova podermos encontrar diversos produtos intermediários, como NH_2, OH, H_2, N_2O e HNO_2 (ácido nitroso).

Êste processo químico é o resultado da atividade de dois diversos grupos de microrganismos.

Podemos distinguir duas fases:

1 — a formação de nitritos

$$2\ NH_3 + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ HNO_2 + 2\ H_2O + 159{,}8 \text{ calorias } (\textit{Nitrosomonas})$$

ác. nitroso

2 — a nitrificação

$$2\ HNO_2 + 2\ O \longrightarrow 2\ HNO_3 + 36{,}4 \text{ calorias } (\textit{Nitrobacter})$$

ác. nítrico.

(SCHLÖSING, WARINGTON, WINOGRADSKY).

Os nitrificantes alcançam o carbono necessário mediante a assimilação de ácido carbônico, que êles transformam em compostos orgânicos no próprio corpo. Também os vegetais superiores processam tal assimilação de gás carbônico. A sua fonte de energia é a luz solar.

As bactérias nitrificantes, porém, usam a energia da oxidação dos sais de amoníaco para ácido nítrico. A relação entre nitrogênio oxidado e carbono assimilado na primeira fase é de 34 : 1 e na segunda de 135 : 1 (C : N).

UL'JANOVA constatou que a oxidação pelas *Nitrosomonas* é muito rápida, quando provém de solos humosos, e muito lenta, quando provém de solos pobres em matéria orgânica.

FORMAÇÃO DE NITRITOS

O amoníaco existente no solo é quase imediatamente oxidado para nitritos (NO_2). A formação de nitratos, porém, depende não sòmente da boa ventilação do solo, mas também do pH.

Nas terras ácidas e encharcadas que, fora da acidez, possuem ainda umidade estagnada e, portanto, nenhuma ventilação, a formação de nitratos (NO_3) é altamente deficiente ou falta totalmente, quer dizer, o amoníaco conserva-se intato.

WINOGRADSKY observou o fato curioso de que a presença de sais de amoníaco prejudica altamente as *Nitrobacter*, apesar destas viverem ao lado de *Nitrosomonas* que oxidam aquêles sais. Isso significa, portanto, que uma ação deficiente das *Nitrosomonas* provoca a inibição das *Nitrobacter*, que não podem ser mais ativas, enquanto se encontra amoníaco na sua vizinhança (MEYERHOF).

A oxidação de amoníaco demora mais que a dos nitritos, encontrando-se, por isso, poucos nitritos no solo. Sòmente em temperaturas baixas êles podem se acumular. (CHAPMAN).

Em solos ácidos, falta a nitrificação (até pH 5,0).

SCHEFFER é da opinião que os microrganismos altamente especializados, tanto na fixação de N, como na desaminação e nitrificação possibilitam, por sua atividade, tôda a vida terrestre. E isso, especialmente, por causa da melhor absorção de N, a qual as plantas fazem sòmente em forma iônica e nunca em forma molecular. Assim, todos os adubos como Nitrocal, Uréia, Salitre têm de ser decompostos (SCHEFFER).

O N orgânico possui também uma influência particular favorável sôbre o crescimento, que não é justificável pela ação do N em si (FLAIG e MAEDER).

Geralmente, também NH_3 se forma sòmente com bom arejamento, mas parece que a formação de NH_3 não depende tanto duma pressão maior de oxigênio, como acontece com os nitratos e nitritos. Em terras boas de cultura, a formação de nitratos predomina, enquanto o amoníaco se encontra sòmente em traços mínimos no solo. A formação de NO_2 íons tem o seu «optimum» num pH 6,4 a 7,8, enquanto o «optimum» de transformação para NO_3 é entre o pH 8,8 a 9,2 ou seja em ambiente altamente alcalino. Quanto mais baixo o pH, tanto mais deficiente a nitrificação. Por isso, a calagem beneficia altamente a nitrificação. Maiores quantidades de Cl^- e $SO_4^=$ íons impedem a formação de nitratos.

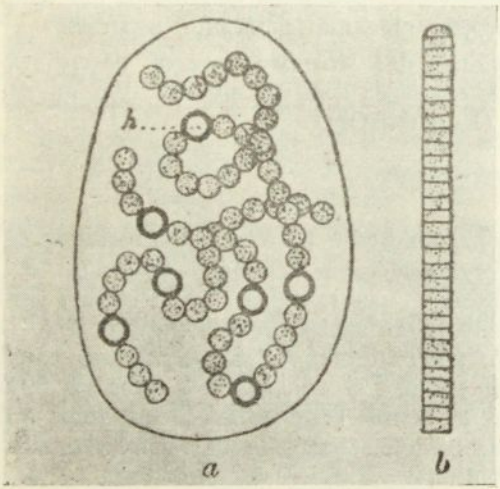


Fig. 35 — Heterocistos

Os microrganismos mais ocupados com o processo da nitrificação são as *Nitrobacter:* (WINOGRADSKY).

1 — *Nitrosomonas* — são os mais fortes nitrificantes NO^2

2 — *Nitrosocistis* }
3 — *Nitrosospira* } tôdas as bactérias são aeróbias

1 — As *Nitrosomonas europea winogradsky* são pequenos bastonetes de 0,9 a 1,0μ de forma oval, com um flagelo. Vivem quase exclusivamente em terras de cultura.

Nitrosomonas javanensis têm a aparência de cocos de 0,5 a 0,6 apresentam, porém, um flagelo de 30μ; são os maiores de todos os microrganismos.

A *Nitrosococcus* tem a forma de uma esfera e é imóvel. Existe especialmente na América Latina e Austrália. Forma zoogléias (aglutinação de bactérias e fungos).

2 — A *Nitrosocistis* é caracterizada pela forte formação de zoogléia. Espécies de cocos, que são bastantes ágeis, encontram-se especialmente em terras de mato.

3 — *Nitrosospira* têm forma espiral, porém, são, segundo a raça, de variável tamanho.

FORMAÇÃO DE NITRATOS

A nitrificação, pròpriamente dita, é provocada pelas *Nitrobacter*

Estas são bastonetes de 1μ de comprimento e de 0,5μ de largura, as quais sintetizam a substância orgânica dos seus corpos de ligações minerais de carbono.

Formam muitas vêzes invólucros gelatinosos em volta de seu corpo para transpor épocas adversas, mas nunca formam esporos.

A maior atividade das *Nitrobacter* se dá na primavera e no outono, e ocorre, especialmente, em solos com um pF 4,2. Porém, em solos muito secos, também é reduzida (ROBINSON).

RESÍDUOS DE COLHEITA:

Os carboidratos, lipídios e proteínas dos resíduos das safras são transformados pelos microrganismos em amoníaco. São, aqui, de grande importância as raízes de leguminosas e, por exemplo, as de trifólio contêm 50% do nitrogênio da planta inteira. Geralmente, ocorre decomposição lenta dêstes resíduos em clima temperado, porém decomposição rápida em clima tropical e subtropical, onde se efetua em 6 a 8 semanas. Na zona de Santa Maria, encontramos, em quase tôdas as terras, resíduos de safras anteriores completamente intatos, devido à quase completa ausência de microrganismos no solo.

ADUBAÇÃO VERDE:

A adubação verde é quase sempre usada, sòmente, como adubo nitrogenado e como incentivador da microvida, e raramente para aumentar o humo.

A prática é sòmente recomendável quando não fizer competição com a cultura principal, especialmente em água. Em zonas áridas, onde reina o «dry-farming», não é viável.

A adubação verde concorre à mobilização de fosfatos e elementos menores (RUSSELL).

Em épocas muito chuvosas, o nitrogênio da matéria orgânica verde pode ser lixiviado, se o campo não estiver ainda cultivado. Por outro lado, a principal fase da decomposição deve ter passado na época do plantio, porque a germinação é comprometida pela fermentação da massa orgânica.

Esta prática é especialmente importante em pomares, cafèzais e outras culturas permanentes (BAUER, HARLER, McCALLA).

Até o início da florescência existem, nas plantas novas, as proteínas em forma de amidas. Para muitos microrganismos, as substâncias orgânicas nitrogenadas podem ser tanto fonte de nitrogênio, como de energia. Sabemos que as bact;rias têm preferência pelo nitrogênio orgânico. Pequenas quantidades são-lhes úteis, porém quantidades maiores possuem influência danosa, porque formam ácidos carbônicos, que baixam radicalmente o pH, o que, por sua vez, dificulta o desenvolvimento das bactérias. Mas, também acontece, das bactérios absorverem em lugar de nitrogênio, o carbono. Esta preferência dos microrganismos é nítida quando o nitrogênio existe em forma de aminoácidos, que têm de ser desaminados antes de serem aproveitados pelos micróbios. Não é raro que uma fonte de carbono, geralmente se trata de carboidratos, proteja o quelato nitrogênico da decomposição. Sòmente na ausência de carboidratos, os microrganismos utilizam composições orgânicas de nitrogênio para a sua alimentação e como fonte de energia. O amoníaco (NH_3) constitui sòmente um produto da decomposição de matérias nitrogenadas, porém, os microrganismos, usando primeiro os carboidratos como fonte de energia, podem reassimilá-lo, competindo, assim, com os vegetais. DORYLAND definiu a amonificação do solo como: «a expressão da desequilibrada proporção de alimento para os microrganismos, onde o nitrogênio existe em excesso no balanço nitrogênio : energia (carboidratos)». Quando as substâncias fornecedoras de energia existem relativamente em maior quantidade do que estas que fornecem nitrogênio, a formação de amoníaco é, pràticamente, nula.

Depende também da relação das substâncias que fornecem energia e nitrogênio, se as bactérias são beneficientes ou danosas para os vegetais. Se, por exemplo, excede o material carboidrático, os microrganismos recorrem às fontes de nitrogênio mineral do solo, provocando assim uma falta aguda dêsse elemento. Ocorre isso, caso adubarmos com palha, bagaço etc. Mas, caso haja pouco carbono à disposição, as *Rhizobacter,* simbiontes das leguminosas, recorrem à decomposição das próprias aminas da planta viva, prejudicando-a sèriamente e até podendo matá-la.

Vemos pois, que a relação entre C : N é de magna importância. Esta proporção destina a velocidade da decomposição; quanto mais larga fôr (na palha pode ser até 20 : 1), tanto mais é certo que os microrganismos procurarão outras fontes de azôto, geralmente inorgânico (Em plantas novas esta relação pode ser 4 : 1).

A decomposição da matéria orgânica, especialmente das proteínas, é diferente segundo a idade da planta, porque a mesma existe na planta nova em forma de amina, na planta velha como proteína.

Dez dias após a incorporação de plantas maduras no solo, acontece uma aproximação da proporção O_2 : CO_2, e pela primeira vez podemos encontrar NO_3 na terra.

A adubação verde é decomposta:

no clima tropical	100% em 6 semanas	
no clima subtropical ...	100% em 10 semanas	
no clima temperado	100% em 12 semanas	(no verão)

(ZEILINGER).

FIXAÇÃO DE AZÔTO PELO SOLO, VIA FÍSICA:

Constatamos um aumento de 0,1 a 0,2% de nitrogênio no solo pela fixação de azôto atmosférico em forma de amoníaco, nitritos, nitratos e compostos orgânicos nitrogênicos. Tais substâncias hidrossolúveis entram no solo pela água pluvial ou pela simples adsorção. Êste processo, porém, é insignificante. (WAKSMAN).

FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO POR MICRORGANISMOS NÃO SIMBIONTES:

BERTHELOT mostrou, em 1885, que uma terra viva exposta ao ar, acusa um nítido aumento de nitrogênio. Sugeriu a natureza biológica dêste processo. Foi, naquela época, uma descoberta fenomenal e, por isso, ferozmente combatida pela ciência contemporânea. WINOGRADSKY, em 1891, conseguiu responsabilizar a bactéria anaeróbia, *Clostridium pasteurianum*, por êste aumento, dependendo porém, a fixação duma fonte de energia, quer dizer da presença de humo. Existe uma relação definida entre o suprimento bacteriano em carboidratos e o azôto fixado, que é de 10 a 1. Fora o clostrídio, existem também outros microrganismos anaeróbios que possuem a qualidade de fixação, como os *Plectridium*, o *Bac. saccharobutyricus* e vários bacilos da família dos *Clostridium butylicum*.

Em 1901, descobriu BEIJERINCK a fixação de nitrogênio por bactérias aeróbias, as *Azotobacter*, criando, com isto, fama.

OKUDA verificou a maior fixação de N pela *Azotobacter*, quando em convivência com outras bactérias.

BJÄLFVE afirma que, também a microfauna, especialmente a alga *Nostoc calcicola*, em conjunto com o *Bacterium megatherium* e o fungo *Streptomyces albus* elevam altamente a fixação de N. Isso significa que quanto mais variada a microvida, tanto melhor a fixação de N, pelas bactérias não simbiontes. Em solos pobres, não haverá, conseqüentemente, quase nenhuma fixação de N atmosférico.

BECKING, revela que, em terras tropicais, especialmente em Latosois, onde o pH é baixo (a *Azotobacter* exige pH 7) e o teor em Fe, Al e Ti é alto, a exigente *Azotobacter* é substituida pela modesta *Bacteria beijerinckia*. Aí, uma calagem não animará a fixação de N, porque o CO_2 exerce um efeito inibitivo sôbre a *Bacteria beijerinckia*.

Segundo DÜGGELI, um grama de terra contém 100.000 *Clostridium pasteurianum* e sòmente 5 a 10.000 *Azotobacter*, tendo o clostrídio a vantagem de desenvolver também em terras bastante ácidas. A importância da *Azotobacter* encontramos no fato de poder assimilar não sòmente amoníaco, mas também nitratos e compostos simples de aminas. O desenvolvimento da *Azotobacter* no solo é controlado pelo pH (6 - 8), a abundância de matéria orgânica, a disponibilidade de fosfatos e pela presença de antagonistas. Costuma-se, na Rússia, inocular a terra com *Azotobacter*.

DREWS descobriu também a capacidade da fixação de azôto atmosférico na alga verde-azulada, especialmente nas espécies *Anabaena*, *Nostoc punctiforme* e *Nostoc muscorum*.

A FIXAÇÃO DE NITROGÊNIO POR BACTÉRIAS SIMBIONTES

(Bactérias noduladoras)

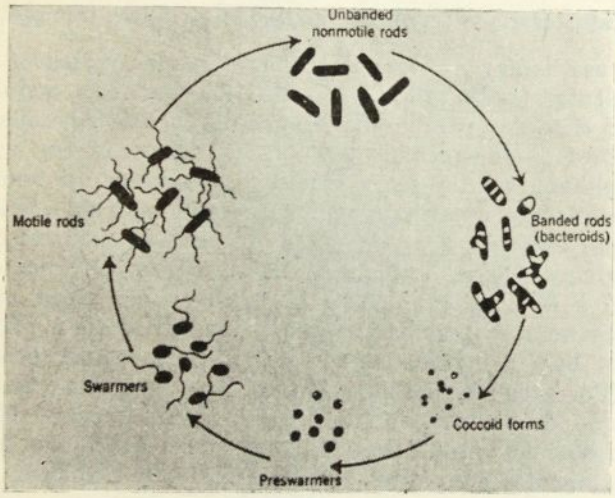


Fig. 36 — Ciclo vegetativo do *Bacilo radicola*. (seg. THORNTON).

Já os antigos romanos sabiam da excelente atuação das leguminosas sôbre o solo, proporcionando melhores rendimentos nas culturas seguintes.

BERTHELOT, em 1885, formulou a tese, dizendo que os microrganismos do solo seriam responsáveis pela fixação de azôto atmosférico.

SCHINDLER, em 1884, constatou a simbiose entre bactérias e as raízes de leguminosas. HELLRIEGEL e WILFARTH, em 1886, conseguiram pro-

var a habilidade das leguminosas de se aproveitar de azôto atmosférico, graças aos microrganismos simbiontes nas raízes.

Por BEIJERINCK, foi isolada, pela primeira vez, uma bactéria noduladora e criada «in vitro» (1888). Hoje, classifica-se esta bactéria na família das *Eubacterineas* do grupo *Rhizobium leguminosarum Frank.* (FRANK).

SCHULZ-LUPITZ descobriu um rendimento maior de cereais, quando plantados depois de tremôço *(Lupinus albus)*, que aumentou, consideràvelmente, o teor nitrogênico do solo.

O *Rhizobium radicicola Beijerinck* possui 3μ de comprimento e 0,5μ de largura. É móvel, peritríquio, às vêzes, porém, só monotríquio. Na cultura «in vitro», formam-se colônias brancas, com superfície viscosa. Encontra o seu «optimum» de temperatura a +25°C, é espalhado pelo vento.

Chamam-se *Rhizobacter*, tôdas estas bactérias, que entram nas raízes, e nunca passam para outras partes da planta, formando, ali, pequenos nódulos de formas específicas à planta. Variam elas, do tamanho dum grão de sorgo, até o tamanho dum feijão de mucuna. Geralmente, cada leguminosa possui uma própria raça de bactérias, mas acontece também, de diversas raças formarem nódulos numa raiz, porém nunca encontramos raças diferentes no mesmo nódulo.

Conhecemos, até hoje, cêrca de 20 grupos diferentes de *Rhizobacter*, próprios à alfafa, ervilha, ervilhaca, ao feijão, trifólio, tremôço, etc.

Tôdas as plantas, capazes de formar nódulos, possuem elevada exigência em molibdênio, (HEWITT), por causa das bactérias noduladoras que necessitam dêste elemento para a fixação de nitrogênio. Algumas plantas necessitam de maiores quantidades de boro, como, por exemplo, a *Vicia faba* que não forma nenhum nódulo se o abastecimento dêste nutriente não fôr adequado. Outras plantas necessitam maiores quantidades de cálcio para a nodulação, como, por exemplo, a alfafa *(Medicago sativa)* cujo crescimento é ótimo, mesmo em terrenos ácidos, se dispuser de suficiente cal. Esta cultura é igualmente sensível à falta de enxôfre. O pH do solo não influi na nodulação de nenhuma leguminosa. Especialmente nos climas tropicais e subtropicais, as leguminosas têm boa nodulação em terras ácidas, se o abastecimento em cálcio fôr regular. (Por exemplo, a soja). Mostra isso, mais uma vez, quanto é errônea a concepção de atribuir ao pH demasiada importância. Não é o pH que influi sôbre o desenvolvimento vegetal, mas sim a facilidade ou dificuldade de absorver determinados nutrientes. (WAKSMAN, RUSSELL, VIRTANEN).

Como vemos, o melhoramento da terra pela leguminosa se dá, sòmente, quando as condições de vida são favoráveis. Por outro lado, os benefícios da fixação de nitrogênio podem ser grandes. Um nódulo duma raiz sadia de *Medicago sativa* fixa, diàriamente, 100 mg de azôto, o que corresponde a 1,36 vêzes do seu próprio conteúdo em nitrogênio. Tôdas as *Rhizobacter* têm a forma nítida de bastonetes, quando novas, e demonstram formas ramificadas, parecendo um X ou Y, quando velhas. Estas formas denominamos de «bacteróides». Trata-se, aqui, do estado de fixação de nitrogênio e da seguinte involução, quer dizer da digestão das bactérias pela planta. Esta fornece energia às

bactérias, no estado juvenil, e digere-as, depois, para poder retirar o nitrogênio armazenado durante a sua vida (algumas horas). Êste tipo de convivência chamamos de «SIMBIOSE VERDADEIRA». As leguminosas estão absolutamente capacitadas a absorver também nitrogênio mineral e, caso o encontrarem suficientemente no solo, não formam nódulos (CARTWRIGHT). Mas também, não formam nódulos, se aquêle faltar por completo. No entanto, se o desenvolvimento da leguminosa fôr deficiente e o seu abastecimento em carboidratos fôr perturbado, os simbiontes benéficos tornam-se parasitas, destruindo a plantação (FRED, BALDWIN, McCOY).

RUSSELL é da opinião que as *Rhizobacter* sempre entram, como parasitas, na raiz e, se encontrarem condições favoráveis, vivem, com ela, em simbiose. A ineficiência de muitas linhagens, em plantas impróprias, deve-se ao fato de que a raiz, no momento da infecção, solta tóxicos, que destroem as bactérias. As *Rhizobacter*, de diversas linhagens, produzem nódulos efetivos numa planta, mas inefetivos em outra (BJÄLFVE).

PROCESSO DE NODULAÇÃO

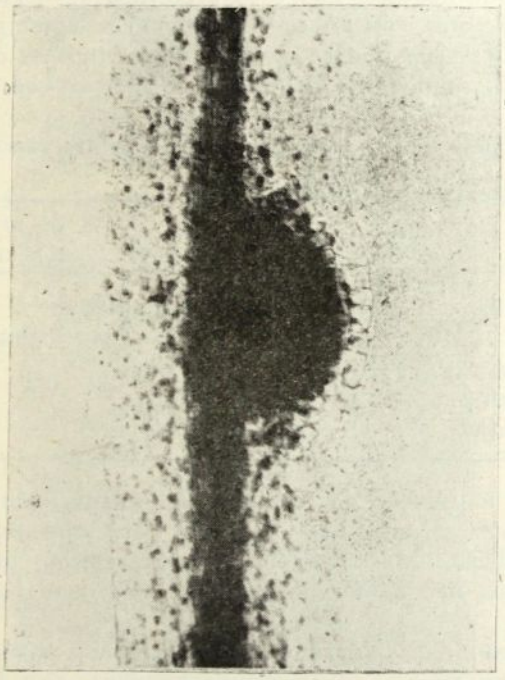


Fig. 37 — Nódulo em formação (RUSSELL).

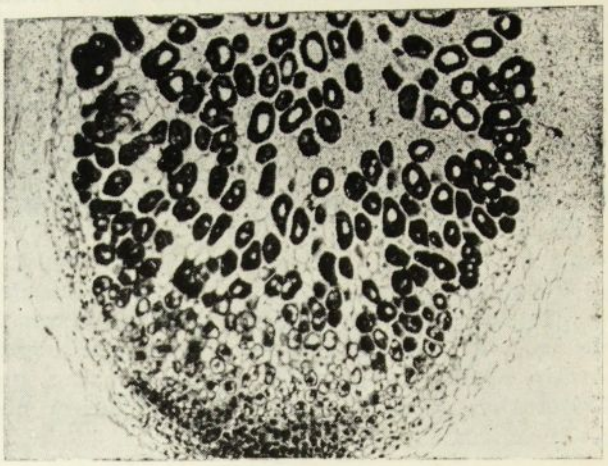


Fig. 38 — Meristema radicular cheio de bactérias noduladoras (RUSSELL)

A formação de nódulos não é só específica às leguminosas. Conhecemos uma série de árvores, estranhas à família das leguminosas, que formam nódulos com maior eficácia que as próprias leguminosas, como, por exemplo, várias espécies de *Elaeagnaceae, Betulaceae* e *Rhamnaceae*.

Uma experiência com vários tipos de plantas, expostas a um excesso de N^{15}, mostrou o seguinte quadro:

PLANTA	Aumento em % de nitrogênio em forma de átomos normais
Trifolium.....	0,329 (legum.)
Alnus.....	1,086 (não legum.)
Myrica.....	0,492 "
Casuarina.....	1,464 "
Shepherdia.....	0 216 "

Observou-se a inibição da formação de outros nódulos, num certo raio dos nódulos presentes. Quanto mais rápido o crescimento do vegetal, tanto mais forte esta inibição. Mas devemos lembrar sempre, que também em ausência de molibdênio, não há formação de nódulos, nem fixação de nitrogênio. (HEWITT).

As *Rhizobacter* não se encontram sòmente nas raízes das diversas plantas, mas também na terra, onde podem sobreviver, sem hospedeiros, durante anos : *Agrobacterium radiobacter*. (NICOL).

Por quimiotaxia as bactérias são atraídas pelas raízes. As excreções radiculares de $CaHPO_4$, etc., provocam um aumento rápido de *Rhizobacter* na rizosfera. A infecção acontece primeiro nas pontas das raízes novas e nas pontas dos cabelos. As bactérias soltam muco, ligando assim primeiro o cabelo

radicular consigo. Um aglomerado de bactérias chega até a ponta do cabelo, que se enrola. Perto do lugar, agora deformado, as bactérias entram no cabelo radicular, formando imediatamente fios mucosos. A formação de nódulos é uma qualidade própria, sòmente atribuída às rizóbias do tronco (McCOY).

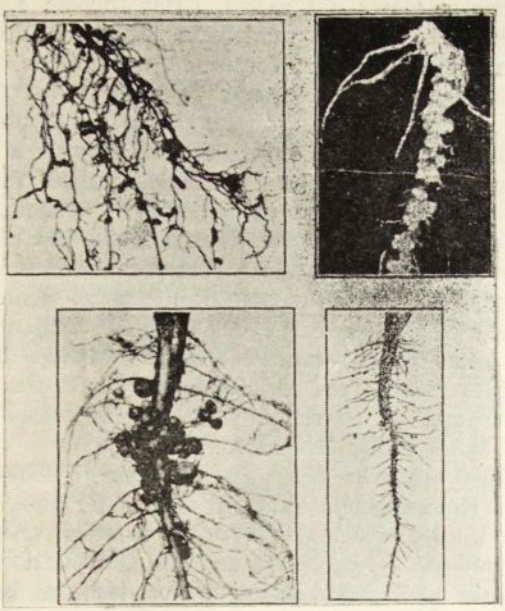


Fig. 39 — Diversos tipos de nódulos (RUSSELL).

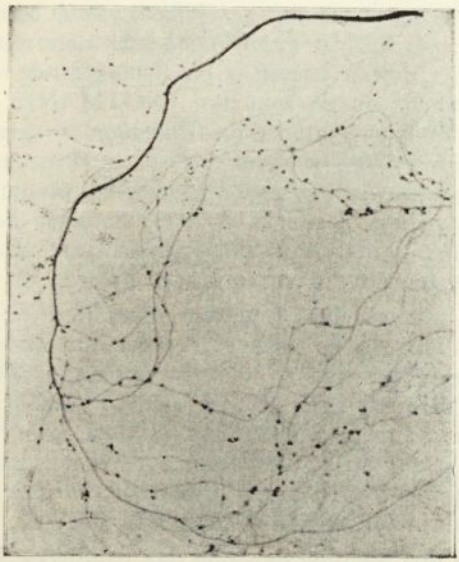


Fig. 40 — Nódulos ilegítimos e inefetivos (RUSSELL).

A planta é um fator importante na nodulação, porque esta qualidade é genèticamente decidida (NUTMAN).

As bactérias migram dois centímetros, por dia, dentro da raiz. O seu muco contém substâncias químicas, por enquanto desconhecidas, altamente irritantes às membranas celulares das raízes. Estas incham e, sòmente agora, os microrganismos podem penetrar no meristema radicular. Por outro lado, esta irritação incentiva a divisão celular, formando, finalmente, pequenos tumores, os nódulos, que hospedam várias centenas de *Rhizobacter* (PURCHASE).

A época da infecção depende do estado de desenvolvimento da planta. Sòmente a partir duma certa idade, a raiz vegetal segrega a sua substância característica. Ocorrem muitas infecções de cabelos radiculares, mas poucos desenvolvem nódulos. No momento em que aparece o primeiro nódulo, o número de infecções decresce, ràpidamente. E quanto maior um nódulo, tanto maior, também, a distância entre êles. Quando a raiz pára de crescer, também cessa a formação de nódulos. Células recentemente infectadas contêm, quase exclusivamente, bactérias em formas de bastonetes e cocos. Sòmente as mais antigas, contêm bacteróides; estas formas ramificadas, são capazes de fixar nitrogênio pouco antes de morrer, sendo, em seguida, digeridas pela planta. As células que contêm estas formas de bactérias são sempre ricas em hemoglobina. (RUSSELL, WAKSMAN, ZEILINGER).

Os bacteróides tiram as suas energias dos carboidratos vegetais. A planta pode suprir a sua exigência total em nitrogênio através dessas bactérias.

A partir da florescência do vegetal, as paredes celulares são atacadas pelas bactérias, os nódulos se encolhem e se esvaziam. Cessa o fornecimento de carboidratos e, com isso, a possibilidade de vida das bactérias simbiontes. Os nódulos se decompõem e as bactérias liberadas entram, de nôvo, no solo.

Apesar da possibilidade de várias linhas de bactérias estarem aptas a formar nódulos numa raiz, existe, geralmente, uma raça específica que é a mais eficiente. Esta especificação das *Rhizobacter* determina o fato da ausência de certas linhagens dessas bactérias em terras ainda não cultivadas. Pratica-se, portanto, a inoculação da semente. (NUTMAN).

Ao lado das linhagens ativas de *Rhizobacter* existem, também, raças inativas. Esta inatividade se demonstra pelo fato da curta vida dos nódulos formados. Êles se desfazem depois de 10 a 15 dias, enquanto as das linhagens ativas perduram, em média, 2 meses. Para a simbiose benéfica, necessitamos uma relação exata entre C : N. A assimilação de gás carbônico é tanto maior, quanto maior fôr a insolação e a concentração externa do gás.

Foram feitas experiências, juntando carvão à terra, resultando disso um decrescimento do número de nódulos, porém um aumento considerável no tamanho. É difícil acreditar que as plantas possam utilizar carvão no suprimento de suas exigências em carboidratos. Porém, considerando o efeito tóxico de algumas excreções radiculares de outras plantas, com forte efeito inibitório sôbre a infecção das raízes de leguminosas, e portanto, impedimento da formação de nódulos, é pois óbvio, o efeito absortivo do carvão, que neutraliza a toxidez dessas excreções. (JENSEN, WILSON, DAVY).

A longevidade dos nódulos depende das condições fisiológicas da planta, da umidade do solo, da raça das bactérias e de possíveis ataques de parasitas.

Assim, por exemplo, êles morrem sempre que a planta anual comece a florescer, ou se a planta é ceifada ou pastada; o pastoreio permanente acaba com tôdas as ervas, que se multiplicam por sementes e que são primeiro as gramíneas de porte alto e depois, também, as leguminosas (KLAPP).

Os bacteriófagos atacam sempre uma determinada raça de bactérias noduladoras sòmente, e causam, portanto, em culturas contínuas de leguminosas, o cansaço da terra para com esta cultura (ALLEN). No entanto, isso depende, por sua vez, da robustez da própria planta hospedeira que, quando é boa fornecedora de carboidratos, pode fazer resistir as bactérias noduladoras por muito tempo aos ataques de bacteriófagos.

KLECZKOWSKA encontrou, em todos os solos, bacteriófagos para as *Rhizobacter*, mas constatou que sòmente em poucos casos êstes as prejudicaram.

Foi possível «curar» um solo do seu «cansaço» para com certa leguminosa, isto é, evitar um ataque prejudicial dos bacteriófagos, mas não foi possível exterminá-los. Isso mostra, claramente, que a existência de um fago de *Rhizobium* não significa, ainda, prejuízos à cultura.

O prejuízo ocorre, sòmente quando as plantas hospedeiras das *Rhizobacter* são enfraquecidas por condições adversas (solos pobres, pouco arejados, com pouca microvida aeróbia), não podendo proteger as suas *Rhizobacter* do ataque dos fagos que vivem em muitas delas. Sabe-se que os fagos só se multiplicam dentro da bactéria viva (RUSSELL), sem prejudicar a mesma, e sòmente lisa a bactéria quando esta é mal nutrida.

Como KATZNELSON, também STARKEY mostra, que as *Rhizobium* tornam-se fàcilmente resistentes a fagos, porém, neste caso, mudam tão completamente que se convertem de raças inefetivas em efetivas (DEMOLON).

Sabemos que a insolação, geralmente, aumenta a assimilação de gás carbônico. Porém, existem também plantas, como, por exemplo, a soja, que preferem dias com pouca intensidade de luz.

Plantas novas de leguminosas mostram «fome», em terras pobres em nitrogênio mineral.

Isto, também está ligado à relação C : N, mas não está ainda, bem esclarecido. Sabemos sòmente, que a leg-hemoglobina existente nos nódulos, tem relação com a fixação de nitrogênio e atua no sistema redutório.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN,E.K. et al. Bact. Rev. 14: 273, 1950.
BALDWIN,I.L. Soil Sci. 28: 415, 1954.
BAUER,F.C. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 7: 302, 1942.
BECKING,J.H. e KLUYVER,A.J. Ann. Acad. Sci. Fennicae 60: 367, 1955.
BECKING,J.H. Plant and Soil 16: 171-201, 1962.
BECKING,J.H. Plant and Soil 14: 297-322, 1961.
BEIJERINCK,M.W. «Verzamelte Geschriften», 1921-1946, Delft.
BEIJERINCK,M.W. Bot. Ztschrft. 46: 725, 741, 757, 1888.
BERTHELOT,M. C.R. 106: 569, 1888.
BERTHELOT,M. C.R. 101: 775, 1885.
BJÄLFVE,G. Physiol. Plant. 15: 122-129, 1962.

BJÄLFVE,G. Plant and Soil 18: 70-76, 1963.
CARTWRIGHT,P. e SNOW,D. Ann. Bot. NS 26: 251-259, 1962.
CHAPMAN,H.D. et al. Hilgardia 19: 57, 1949.
CHAPMAN,H.D. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 16: 276, 1952.
CONN,H.J. e BRIGHT,J.W. N.Y. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 67, 1919.
CONN,H.J. WOLFE,G.E. e FORD,M. J. Bact. 39: 207, 1940.
DAVY,H. Sir «Elements of Agricultural Chemistry», 1836, London.
DEMOLON,A. e DUNEZ,A. Ann. Agron. 5: 89, 1935.
DEMOLON,A. «Dynamique du Sol», 1960, Paris.
DORYLAND,C.J. T.N. Dakota Agr. Exp. Sta. Bull. 116, 1916.
DREWS,K. Zbl. Bakt. II 76: 88, 1928.
FLAIG,W. e MAEDER,H. Sympos. Naklad. Ceskosl. akad. věd. 28.IX-6.X, 1961, Praga.
FRANK,B. Ber. deut. Bot. Ges. 3: 128, 1885.
FRED,E.B. BALDWIN,I.L. e McCOY,E. «Root Nodule Bacteria and Leguminous Plants», 1932, Wisconsin.
FRED,E.B. MEHLICH,A. e TRUOG,E. Soil Sci. 38: 27, 1943.
HARLER,C.R. «The Culture and the Marketing of Tea», 1933, Oxford.
HELLRIEGEL,H. e WILLFARTH,H. Z. Rübenz. Ind. Beilageh., 1888.
HEWITT,E.J. e BOND,G. Plant and Soil, 14: 159-175, 1961.
HEWITT,E.J. Long. Ashton Ann. Rep. 58: 1948.
JENSEN,H.L. Austral. J. Sci. 6: 162, 1944.
JENSEN,S. TOVBORG, e KJAER,B. Z. Pfl. Ernähr. 50: 25, 1950.
KATZNELSON,H. Soil Sci. 62: 343, 1946.
KATZNELSON,H. LOCHHEAD,A.G. e TIMONIN,M.I. Bot. Rev. 14: 543, 1948.
KLAPP,E. «Wiesen und Weiden», 1956, Berlin.
KLECZKOWSKA,J. J. Bact. 52: 25, 1946.
McCALLA,T.M. Missouri Agric. Exp. Sta. Res. Bull. 256, 1937.
McCALLA,T.M. e RUSSELL,J.C. J. Amer. Soc. Agron. 40: 11, 1948.
McCOY,E. Proc. Roy. Soc. 110 B: 514, 1932.
MARSHALL,R.O. et al. J. Bact. 66: 254, 1953.
MEYERHOF, citado por WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, N. York.
NICOL,H. e THORNTON,H.G. Proc. Roy. Soc. 130 B: 32, 1941.
NUTMAN,P.S. Ann. Bot. 17: 95, 1953.
NUTMAN,P.S. Biol. Rev. 31: 109, 1956.
OKUDA,A. YAMAGUCHI,M. e KOBAYASHI,M. Soil Sci. and Plant Nutr. 8: 147-149, 1962.
8: 1-6, 1962.
7: 115-118, 1961.
PRIMAVESI,A. et al. «Disposition Test of Crop Soils to Commercial Dressing Response», 1964, Bucarest.
PURCHASE,H.F. Aust. J. Biol. Sci. 11: 155, 1958.
RAMANN,E. «Bodenkunde», 1911, Berlin.
ROBINSON,G.W. «Los Suelos», 1960, Barcelona.
ROBINSON,J.B. D. J. Agric. Sci. 49: 100, 1957.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.

RUSSELL,E.J. «Plant Nutrition and Crop Production», 1947, London.
SCHEFFER,F. «Der Stickstoff»: 162-163, 1961, Oldenburg.
146-148, 1961, Oldenburg.
SCHEFFER,F. «Der Stickstoff», 1956, Berlin.
SCHINDLER,J. Österr. Zool. Zl. 2: 517-567, 1950.
SCHLÖSING,Th. e MÜNTZ,A. C.R. 84: 301, 1877.
85: 1018, 1877.
86: 982, 1878.
SCHLÖSING,Th. Ann. Inst. Pasteur 6: 65, 1892.
SCHULZ-LUPITZ Jb. d. DLG. Bd. 6: 78-84, 1891.
SCHULZ-LUPITZ citado por WAKSMAN,S.A. em «Soil Microbiology», 1952, New York.
STARKEY,R.L. Soil Sci. 32: 367, 1931.
STARKEY,R.L. Bact. Rev. 22: 54, 1958.
THORNTON,R.H. Research 5: 190, 1952.
UL'JANOVA,O.M. Mikrobiologie 30(2): 236-242, 1961.
VIRTANEN,A.I. Biol. Rev. 22: 239, 1947.
VIRTANEN,A.I. «Cattle Fodder and Human Nutrition», with special References to Biol. N Fixation, 1938, Cambridge.
WAKSMAN,S.A. «Principles of Soil Microbiology», 1927, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WARINGTON,R. Trans. Chem. Soc. 33: 44, 1878.
35: 429, 1884.
59: 484, 1891.
WILSON,J.K. J. Amer. Soc. Agron. 31: 159, 1939.
WILSON,P.W. «The Biochemistry of Simbiotic Nitrogen Fixation», 1940, Madison.
WINOGRADSKY,S.N. «Microbiologie du Sol», 1949, Paris.
WINOGRADSKY,S.N. Ann. Inst. Pasteur 4: 213, 257, 760, 1890.
WINOGRADSKY,S.N. Compt. Rend. 116: 1385, 1893.
ZEILINGER,A. «Landwirtschaftliche Mikrobilogie», 1959, Wien.

114

CAPÍTULO IV

OUTRAS FONTES DE NITROGÊNIO PARA OS MICRORGANISMOS

URÉIA 117
CALCIOCIANAMIDA 119
REDUÇÃO DE NITRATOS E DESNITRIFICAÇÃO 120
COMPOSTOS DE AMONÍACO E AMIDAS 123
DESNITRIFICAÇÃO 123
BIBLIOGRAFIA 125

116

URÉIA

O produto final das transformações de nitrogênio no corpo animal é a uréia. No homem constatamos 2,4% de uréia, 1,0% de ácido hipúrico e 0,04% ácido úrico na urina.

A decomposição da uréia se dá pela hidrolisação e é a seguinte:

$$C(NH_2)_2{=}O + 2\,H_2O \longrightarrow (NH_4)_2\,CO_3$$

O processo é exotérmico. O carbonato de amônio é pouco resistente e se cinde quase imediatamente em

$$(NH_4)_2CO_3 \longrightarrow CO_2 + 2NH_3 + H_2O$$

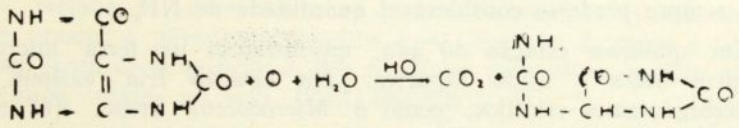
Os micróbios que decompõem a uréia, resumimos no grupo de *Urobacter*. Mas, alguns dêstes não podem utilizar a uréia como fonte de energia. Necessitam ao mesmo tempo uma fonte de carboidratos orgânicos. Na hidrólise, o carbono é liberado como gás carbônico (CO_2).

A absorção do carbono como CO_2 exige, porém, uma grande quantidade, de energia. (WAKSMAN, ZEILINGER).

A DECOMPOSIÇÃO DE ÁCIDO ÚRICO E ÁCIDO HIPÚRICO

Êstes ácidos encontram-se em grandes quantidades nos excrementos de pássaros e répteis.

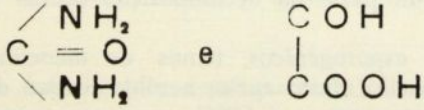
O processo de decomposição é o seguinte:



ceto-ácido úrico alantoína

A alantoína é decomposta, em seguida, por *Pseudomonas*, que se aproveitam da energia liberada neste processo, resultando uréia e ácido glioxílico.

DECOMPOSIÇÕES

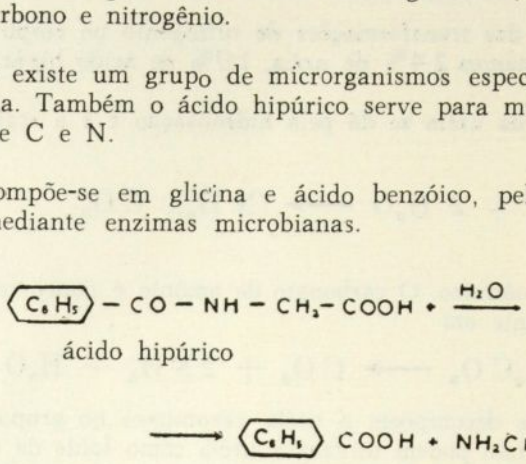


uréia e ácido glioxílico

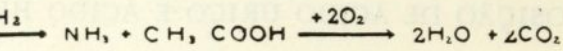
Na decomposição definitiva de uréia recebemos CO_2 e NH_4. A uréia é utilizada, portanto, pela maioria dos microrganismos, ao mesmo tempo, como fonte de carbono e nitrogênio.

Não existe um grupo de microrganismos específicos para a decomposição da uréia. Também o ácido hipúrico serve para muitos microrganismos como fonte de C e N.

Decompõe-se em glicina e ácido benzóico, pela hidrolisação do ácido hipúrico, mediante enzimas microbianas.



Da glicina dissocia-se, em seguida, NH_3, e produz ácido acético, que oxida até ficar reduzido a CO_2, segundo a fórmula:



desaminação ácido acético (WAKSMAN).

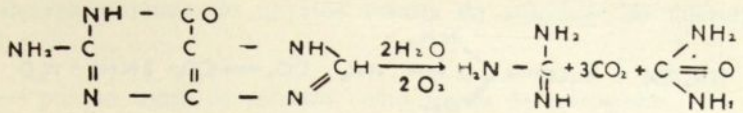
Mais lenta é ainda a decomposição das proteínas superiores, como da quitina,, que é um polissacarídio nitrogenado, encontrado em cogumelos e nos insetos (asas de besouros). — Na fermentação, maturação e decomposição de estrume, sempre perde-se considerável quantidade de NH_3.

Em qualquer estação do ano, encontramos na terra microrganismos, que cindem uréia e ácido hipúrico. Na estação fria, existem, antes de tudo, microrganismos criófilos, como o *Micrococcus ureae,* que existe como *Mono, Diplo* e *Stafilococcus.* Tem o diâmetro de 0,8 a 1μ e necessita de um ambiente aeróbio, porém, não é exigente em O_2. O pH exigido pelo *Urobacillus pasteurii* é entre 7,6 a 8,1.

Nas estações quentes, a decomposição é feita, na sua maioria, por bacilos, como *Proteus, Escherichia coli,* as variedades de *Pseudomonas* (fluorescentes). Estas provocam uma decomposição muito rápida. Também bactérias termófilas tomam parte na decomposição dessas matérias.

Entre os bacilos esporogênicos, temos de mencionar o *Bac. pasteuri Miguel Chester.* É um bacilo muito curto, aeróbio, capaz de produzir a enzima urease. O «optimum» dessa enzima é 50°C, enquanto o próprio bacilo encontra o seu «optimum» a 30°C. (ZEILINGER).

Também os actinomicetos e fungos da espécie *Mucor* tomam parte nesta decomposição. Na natureza, encontramos enormes depósitos de estrume de aves, que se formaram durante milênios nas costas áridas da América Latina. É o chamado «guano» que contém grandes quantidades de ácido úrico. O «guanina», contido neste estrume, se decompõe em:



forma enolar de guanina guanidina uréia

Caso adubarmos com estrume, adubação verde ou outros adubos orgânicos, como farinha de carne, farinha de sangue, não aplicamos um nutriente vegetal, mas sim um alimento microbiano, quer dizer, fornecemos para os microsêres da terra o material que êles necessitam para a sua vida. Sòmente o produto final do metabolismo microbiano é o nutriente vegetal, faltando, portanto, o efeito do adubo orgânico em solos mortos.

A decomposição da farinha de carne é um simples processo de putrefação que pode ser aeróbio ou anaeróbio. Os microrganismos anaeróbios são *Clostridium lentiputrescens* e *Cl. sporogenes*. Sob condições aeróbias as variedades *Proteus, Micrococcus, Escherichia coli* e *Pseudomonas* são ativas.

Na farinha de sangue temos semelhantes processos de putrefação, porém, predominam nestes as aeróbias, especialmente as *Pseudomonas fl. putidus, Serratia marcescens* (bactéria miraculosa que, sob baixas temperaturas, forma colônias de côr vermelha) actinomicetos e fungos.

Para farinha de peixe temos os mesmos processos, porém, devido ao alto teor em graxas, a putrefação é muito lenta. Farinha de ossos e farinha de chifres sofrem lenta decomposição e, sob condições anaeróbias, podem conservar-se, durante anos, intatas no solo. (ZEILINGER).

CALCIOCIANAMIDA ($CaCN_2$)

Como adubo, é um produto perigoso, porque atua como forte ervicida. Sua aplicação necessita ser feita com suficiente antecedência ao plantio (8 a 10 semanas) e depende a sua decomposição ainda muito da atividade microbiana da terra. O produto, porém, uma vez decomposto, é um nutriente formidável. Na decomposição de $CaCN_2$ apresentam-se vários produtos intermediários.

A cianamida é fàcilmente decomponível formando NH_4OCN (cianato de amônio) e se transforma finalmente em $(NH_4)_2CO_3$ (carbonato de amônio).

No solo, êste processo não é tão fácil. Segundo RIPPEL, o processo se dá da seguinte maneira:

$$\underset{\text{cálcio-cianamida}}{CaNCN} + 2\,H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + \underset{\text{cianamida}}{NH_2CN}$$

$$NH_2CN + H_2O \longrightarrow C\overset{NH_2}{\underset{NH_2}{O}} \longrightarrow (NH_4)_2\,CO_3 \longrightarrow CO_2 + 2\,NH_3 + H_2O$$

Vemos então que a uréia formada se decompõe de nôvo, dando como produto final gás carbônico, amoníaco e água.

Entram os microrganismos sòmente mais tarde neste processo da decomposição de $CaCN_2$, porque, no início, êstes também sofrem a ação venenosa. Especialmente os *Proteus* e *Pseudomonas fl. putidus*, e o *Bac. megatherium*, tomam parte neste processo. (HOSKINS).

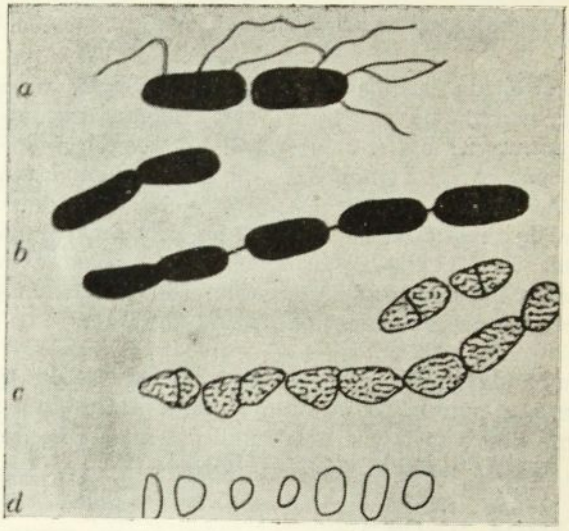


Fig. 41 — *Bac. megatherium* a) Células novas com flagelos; b) Células novas em cadeia; c) Células velhas; d) Esporos.

REDUÇÃO DOS NITRATOS E DESNITRIFICAÇÃO

Ocorre sòmente em solos com um pO $< 7{,}0$ (CADY).

1 — Redução de nitratos: (ou assimilação por microrganismos).

Neste processo de redução dos nitratos podem ser formados tanto compostos orgânicos como inorgânicos. O solo não é necessàriamente saturado de

água, para oferecer condições anaeróbias. WINOGRADSKY demonstrou que, mesmo com 40% de saturação em água, as bactérias anaeróbias podem encontrar, num solo decaído, ótimas condições de desenvolvimento.

Quanto mais deficiente o arejamento do solo, quer dizer, quanto mais duro e quanto menos poroso êle é, tanto melhor a redução e desnitrificação.

O desaparecimento de nitratos resulta da atividade de microrganismos e pode ser:

1 — porque usam os nitratos como fontes de nitrogênio,
2 — porque reduzem os nitratos para nitritos e amoníaco no processo da assimilação de nitratos,
3 — porque usam os nitratos como fonte de oxigênio, para oxidar compostos de carbono para substâncias inorgânicas. (WAKSMAN)

Nestes processos de redução e assimilação de nitratos, não se perde nitrogênio; êle é temporàriamente pôsto fora de circulação.

Na própria desnitrificação, porém, perde-se o nitrogênio. Quanto mais completa a redução dos nitratos, tanto mais oxigênio torna-se disponível para os micróbios e tanto maior, conseqüentemente, a quantidade de carbono que pode ser oxidado, quer dizer, tanto mais energia aproveitável acha-se à disposição dos microrganismos. (ARNOLD, BREMNER, SHAW).

A qualidade dos microrganismos, de reduzir nitratos, já foi observada em 1868 por SCHÖNBEIN. São responsáveis, especialmente, os microrganismos:

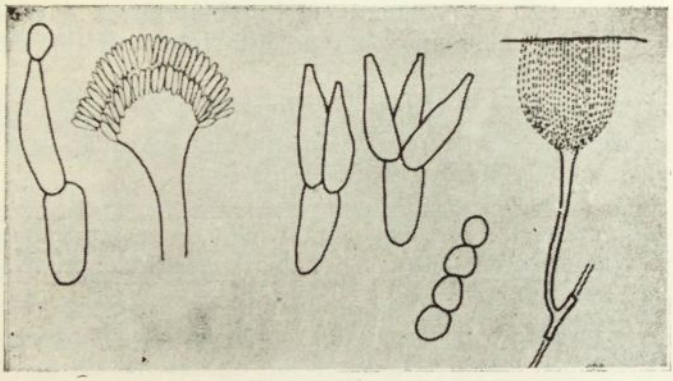


Fig. 42 — *Aspergillus* (seg. WAKSMAN).

Aspergillus glaucus
Aspergillus niger
Mucor racemosum

As bactérias de tipo bacilo e *Pseudomonas* não estão aptas a reduzir nitratos.

Aprovaram-se, como muito bons redutores, as seguintes bactérias que usam H_2 na «nitrat-reductase», usando as anaeróbias NO_3, enquanto as aeróbias continuam com a redução de NH_3.

Serratia marcescens
Serratia rosea (Bact. myxoides)
Flavobacter difusum
Flavobacter denitrificans
Escherichia coli
Celulomonas biacotea
Celulomonas rossica
Celulomonas aurogenes
Streptomyces cellulosae
Streptomyces parvus, Str. diastaticus, Str. griseus (que produz «estreptomicina»), *Str. scabies* (sarna da batatinha)
Aerobacter aerogenes
Clostridium anaerobium
Actinomyces (ZEILINGER).

Pela redução desaparecem os nitratos (NO_3) do solo, mas podem ser de nôvo produzidos.

A redução de nitratos é um processo em que se ganha energia transformando NO_3 em formas de fácil assimilação. Porém, sòmente de 3 a 6% de salitre são reduzidos. O teor total das bactérias em proteínas representa 50 a 75% da substância sêca. Isso porém, oscila muito, segundo a alimentação das mesmas. Os quelatos azóticos não precipitáveis, como, por exemplo, aminoácidos, pràticamente, não encontramos em bactérias ativas e vivas. Êstes são segregados no solo pela autólise, como produto intermediário, em quantidade determinada.

Do teor protéico das bactérias, pertencem 25 a 40%, às núcleo-proteínas, que não são sòmente as portadoras das qualidades hereditárias mas têm também papel importante na síntese das proteínas.

Como já explicamos, várias linhas de bactérias — *Rhizobacter, Azotobacter, Clostridium,* etc. — possuem a qualidade de se aproveitarem do azôto atmosférico para a formação de suas proteínas, reduzindo primeiro NH_4 para NH .

A senda na redução de compostos orgânicos de nitrogênio vai desde a ação de hidroxilamina sôbre o alfa-ceto-ácido que se transforma em oximas e estas finalmente em aminoácidos, (o grupo de oxima é C : NOH e, considera-se, por isso, a oxima geralmente como derivado de aldeídos ou cetonas) (ARNOLD, GERRETSEN, LOEWENSTEIN).

Na redução de fungos, bactérias e plantas superiores o molibdênio ocupa um lugar destacado. Não há redução de NO_3 se não existir molibdênio no solo. E não existe redução de NO_2 se faltar o manganês. Sabemos hoje que a redução de nitratos não é feita sòmente por bactérias e fungos, mas também em

grande escala pelas algas. Pode-se extrair da *Chlorella* apreciável porcentagem de manganês. Sabemos de outro lado que esta alga é um poderoso redutor. É isso pois, um fator importante porque todos os microrganismos usam com maior facilidade NH_3 e NH_4 e com menos facilidade nitratos. Alguns dêles usam amônio como fonte de hidrogênio (H) e não de nitrogênio (N), como acontece na redução pelas bactérias *Azotobacter, Aerobacter, Proteus* e *Clostridium*. Tôdas estas bactérias são, como sabemos, fixadoras de nitrogênio. No decorrer da assimilação de nitratos, o excesso dêstes é reduzido a nitritos ou amoníaco, conforme as bactérias e os compostos nitrogênicos presentes. (WAKSMAN).

COMPOSTOS DE AMONÍACO E AMIDAS

Êstes compostos podem ser utilizados pelos microrganismos diretamente para a composição de suas proteínas. Não sabemos ainda se os aminoácidos têm de ser sempre desaminados e que sòmente depois o amoníaco é utilizado ou, se existe também uma utilização direta dêsses ácidos pelos microrganismos. Existe a regra que microrganismos aptos a utilizar simples compostos inorgânicos também podem usar complicados compostos orgânicos. Assim, por exemplo, a fixadora de nitrogênio, *Azotobacter*, é capaz de utilizar todos os compostos de nitrogênio, e até proteínas. Explica-se isso, pelo fato de que cada organismo vivo tem de construir as suas proteínas. Porém, a decomposição dêsses compostos parece bem mais difícil. Assim, os «decompositores» de amidas são pràticamente impossibilitados de usar compostos inorgânicos de nitrogênio. (ZEILINGER).

DESNITRIFICAÇÃO

É a redução de nitratos para N atmosférico, que se perde.

O conhecimento das causas de desnitrificação é de grande importância para a lavoura, porque perde-se aqui, anualmente, grande quantidade de nitrogênio. Vê-se claramente, que isso acontece só em solos :

a) decaídos, com deficiente arejamento,
b) maciçamente adubados com estrume,
c) em pastos recém lavrados, mantidos sob culturas «a limpo».

Portanto, é de interêsse do lavrador evitar essas perdas desnecessárias, que somam-se às perdas pela lixiviação (também em solos biològicamente inativos) e pela remoção pelas safras, que é a única perda produtiva.

A desnitrificação é feita por enzimas no corpo dos microrganismos.

Neste processo libera-se azôto elementar, que simplesmente se volatiliza. É uma perda efetiva de N, ao contrário do N «perdido» na redução, que é assimilado pelas plantas. Também a formação de gás hilariante (N_2O), óxido nitroso, que é formado por falta de umidade na terra, enquadra-se neste setor.

1 — Desnitrificação.
2 — Dissociação de N na decomposição de matérias orgânicas.

Especialmente as bactérias desnitrificantes *B. nitroxus* e *B. stutzeri*, como também a *Pseudomonas aeruginosa*, produzem maiores quantidades em N_2O durante a desnitrificação. Êste nitrogênio é volatilizado e constitui uma perda efetiva para o solo. Existem, porém, substâncias que inibem a formação de nitrogênio elementar como, por exemplo, cianeto de potássio.

A desnitrificação é feita por bactérias comumente aeróbias, sob condições anaeróbias. Como condições aeróbias favorecem a oxidação, condições anaeróbias favorecem processos de redução. O processo é, pois, o seguinte:

$$2\ KNO_3 + 2\ C \longrightarrow N_2O + K_2CO_3 + CO_2$$

salitre

$$2\ KNO_2 + C \longrightarrow N_2O + K_2CO_3$$

nitrito de potássio

$$2\ N_2O + C \longrightarrow 2\ N_2 + CO_2$$

óxido nitroso

O nitrogênio, em forma de óxido nitroso, pode ser produzido em grande quantidade, quando existe uma alta concentração de nitrogênio. Um outro produto de desnitrificação é o hiponitrito que fàcilmente se decompõe em óxido nitroso e uma base. Não há formação de oxigênio livre. Porém, como N_2O libera fàcilmente O=, outras bactérias que vivem junto com as bactérias desnitrificantes, podem aproveitar-se do oxigênio, possibilitando, assim, o desenvolvimento de bactérias aeróbias sob condições òbviamente anaeróbias, por exemplo, de bactérias que decompõem celulose.

Como vemos, na fórmula esquemática dêste processo, as bactérias desnitrificantes necessitam de uma fonte de carbono. A única exceção, é o *Thiobacter denitrificans*, que se serve de enxôfre em lugar de carbono, formando até ácido sulfúrico no decorrer do processo.

Como fontes de carbono, servem os sais de ácidos orgânicos, açúcares e álcoois. (RUSSELL, WAKSMAN).

Desnitrificação direta (sob condições anaeróbias). Demora alguns dias. A modificação do pH para o lado alcalino é específica à desnitrificação, fora da libertação de nitrogênio elementar em forma de gás. (VALERA). Originam-se dêste processo sais de ácido carbônico. Mas, no solo, agem logo em seguida reações antagônicas, sejam elas químicas ou físicas, como a neutralização e fôrça-tampão, que são muito mais fortes que a simples acidificação, havendo pois, o contrabalanço e até a neutralização.

$$NH_2 + HNO_2 \longrightarrow OH + N_2 + H_2O$$

ácido nitroso

Ao lado de N, forma-se também N_2O, CO_2 e H_2O. A desnitrificação é de muita importância na fermentação de estrume, onde pode causar grandes perdas.

Em terra comum de cultura, bem arejada e bem populada, pràticamente não acontece a desnitrificação, porque falta o requisito mais importante: a condição anaeróbia.

Encontramos sòmente a desnitrificação em terras de cultura decaídas, onde se pode tornar um perigo à plantação. Acontece isso quando fôr adubada com estrume em demasia, em época muito úmida e, quando a terra está insuficientemente arejada, (LAWES et al.) isso também é verificado em pastos recém lavrados (SHUT).

Não sòmente as bactérias, mas também simples leveduras e fungos, podem provocar a desnitrificação indireta.

Normalmente, a nitrificação é bem mais forte de que a desnitrificação.

A desnitrificação direta só pode ser feita por bactérias:

Acromobacter agile
Acromobacter centroponctatum
Acromobacter hartlebii
Acromobacter stutzeri
Acromobacter nitrovorum
Acromobacter filefaciens

A *Flavobacter denitrificans* e a *Pseudomonas aeruginosa* sòmente desnitrificam nitritos (NO_2).

Sob condições aeróbias, formam-se, evidentemente, todos os complexos de nitrogênio e de amoníaco. É um processo puramente microbiano e especialmente a cargo dos seguintes microrganismos:

Bacillus cereus,
Escherichia coli,
Proteus vulgaris.

Também é esta a razão por que a adubação verde desaparece tão ràpidamente em terras arenosas : é simplesmente oxidada. Por outro lado, também por causa da oxidação do NH_3, ocorrem as perdas em nitrogênio do estrume. Isto acarreta o extravio de grande quantidade em nitrogênio na maturação do estrume. Na terra, porém, não encontramos esta perda real, porque o solo possui considerável poder adsortivo e absortivo, fixando o amoníaco volátil (RUSSELL).

BIBLIOGRAFIA

ARNOLD,P.W. J. Soil Sci. 5: 116, 1954.
BREMNER,J.M. e SHAW,K. J. Agric. Sci. 51: 22, 1958.
CADY,F.B. e BARTHOLOMEO,W.K. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 25: 362-365. 1961.
GERRETSEN,F.C. Trans. 4 th Int. Cong. Soil Sci. 2: 114, 1950.
HOPKINS,E.S. e LEAHEY,A. Dom. Canad. Dept. Agric. Publ. 761, 1944.
HOSKINS,R.G. «Endocrinology», 1941, New York.
LAWES et al. (1882), citados por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.

LOEWENSTEIN,H. et al. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 21: 397, 1957.
RUSSELL,E.J. «Plant Nutrition and Crop Production», 1947, London.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
SCHÖNBEIN (1868), citado por WAKSMAN,S.A. em «Soil Microbiology», 1952, New York.
SHUT,F.T. J. Agric. Sci. 3: 335, 1910.
VALERA,C.L. e ALEXANDER,M. Plant. and Soil 15: 268-280, 1961.
WAKSMAN,S.A. «Principles of Soil Microbiology», 1927, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WINOGRADSKY,S.N. «Microbiologie du Sol», 1949, Paris.
ZEILINGER,F. «Landwirtschaftliche Mikrobiologie», 1959, Wien.

CAPÍTULO V

TRANSFORMAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS NO SOLO POR MICRORGANISMOS

ADUBAÇÃO QUÍMICA 129
ENXÔFRE 130
FÓSFORO 133
POTÁSSIO 134
FERRO 135
OUTROS NUTRIENTES INORGÂNICOS 137
OXIGÊNIO 138
BIBLIOGRAFIA 138

Um dos problemas mais agudos é o da adubação química, que é errôneamente, chamada de fertilização. Os elementos nutritivos são necessários, para que um solo seja produtivo, porém não são idênticos com a fertilidade, porque um solo rico em nutrientes pode ser completamente infecundo (PRIMAVESI).

A fertilidade depende, essencialmente, da microvida (WAKSMAN). É importante adubar, não sòmente em relação a safra esperada, mas também em relação a microvida, porque é ponto pacífico, que o adubo químico só reage favoràvelmente, em solos de boa estrutura (BOGULAWSKI). Em monoculturas permanentes, com consequente decadência da estrutura do solo, o efeito de adubos é pouco e dura, segundo GASSER, sòmente 1 a 2 meses, sendo o adubo logo lixiviado ou fixado. É conhecido o fato de que num ensaio de adubação química de pouca duração, o efeito depende da variedade do fertilizante; num de longa duração, das propriedades bio-físicas do solo, (NYS e HANOTIAUX), o que deu por muito tempo resultados enganosos, por causa da consideração exclusiva da variedade do adubo. Solos com estrutura dura permitem sòmente um deficiente desenvolvimento radicular que, entre outros efeitos, impede, mesmo em solos ácidos, a normal absorção de ferro (HEINONEN, BROWN, e. o.)

Cada adubação química aumenta, também, lògicamente, a microflora e fauna.

Os que menos se beneficiam são os fungos (RÜBENSAM). Porém, uma adubação química causa sempre um choque na microvida que é tanto mais grave, quanto maior fôr a adubação (POSCHENRIEDER). Isso é fàcilmente explicável pela modificação do pH local, (não geral), do solo e das condições alimentícias.

Quanto mais suave o choque, tanto mais rápida a recuperação e tanto mais benéfica a adubação, cuja eficiência depende, em última análise, da microvida. Segundo VETTER, a quantidade «optimal» de adubo, (segundo a lei de MITSCHERLICH sôbre o efeito decrescente), aumenta com a melhora da estrutura do solo; a estrutura do solo depende, como veremos, inteiramente da microvida. Portanto, não é possível adubar em completo desrespeito aos microorganismos do solo, que não é um simples suporte, mas um organismo vivo (RUSSELL, SEKERA, WAKSMAN).

Assim, compreende-se porque BAULE disse que uma adubação de NPK deve ser considerada como uma exploração do solo. Exploração, porque não alimenta completamente as plantas e os microrganismos, que necessitam de 14 até 16 nutrientes, mas estimulam tanto o desenvolvimento vegetal que removem as últimas reservas dos outros elementos do solo, constituindo, assim, um método predatório, acelerador da decadência total do solo. Sobretudo o N provoca a lixiviação de cálcio e magnésio, sendo o salitre ($NaNO_3$) o mais potente promotor de lixiviação dos catíons (PEARSON). Reconhecemos a necessidade de considerar a adubação química não como uma «fertilização» do solo, o que, de fato, não é, mas como uma intervenção nos processos vitais do solo que exigem tôda cautela, para que possam ser benéficos por prazo maior e não sòmente no momento. É assaz conhecido que a mobilidade do P, (FULLER), aumenta até 38 vêzes com o aumento da microvida.

Da nutrição completa das plantas — plantas cujo desenvolvimento vegetativo foi acelerado por N, não podem ser consideradas bem nutridas, apesar de apresentar um crescimento luxuriante, (segundo explica VOISIN) — depende também o seu gasto em água e sua resistência à sêca. Uma planta bem nutrida gasta menos água por kg. de substância sêca (VIETS), do que uma mal nutrida.

MÜLLER resume os efeitos desastrosos da agricultura hodierna dizendo: «A fertilidade dos solos está em constante declínio apesar de permanentes e sempre maiores adubações comerciais».

A adubação química e a calagem autuam conforme a sua aplicação, como já verificamos.

VOISIN prova que esta desequilibra, geralmente, não só a micropopulação do solo, mas também o metabolismo vegetal, animal e humano. Exige, portanto, uma estreita colaboração entre edafologistas, agrônomos e médicos. Porém, a agricultura executada em consideração às leis naturais, nunca terá um efeito nocivo.

VOISIN acredita que a agricultura intensiva, que respeita as bases da microvida, também é a única que beneficiará a vida vegetal, animal e humana, evitando assim, doenças como, tetania do pasto, câncer, etc.

É, justamente a adubação química, quem decide sôbre o nosso futuro.

O método PRIMAVESI (1964) é aqui um teste valioso que, poucos dias após a adubação química, já informa sôbre o efeito biológico.

A condição básica da fertilidade do solo e de colheitas altas é a animação da atividade de sua microvida. Os micróbios heterótrofos são os que mais beneficiam a fertilidade; são estimulados pela adubação orgânica e pelo sombreamento do solo (MEYER).

Os microrganismos necessitam, via de regra, dos mesmos nutrientes que as plantas de cultura. Análises químicas da substância sêca de microrganismos revelam, que ácidos fosfóricos, nitrogênio e potássio predominam, também no corpo microbiano.

NITROGÊNIO, já foi tratado. ,

ENXÔFRE

É um elemento de que a planta necessita. Perfaz 0,11% da crosta terrestre. É fàcilmente lixiviado do solo, porque é altamente hidrossolúvel na sua forma de SO_4, encontrando-se em primeiro lugar nos elementos lixiviáveis.

Sabemos hoje, que uma safra absorve muito mais enxôfre que antigamente imaginávamos, e verificamos uma depleção do solo em enxôfre tendo influência desfavorável sôbre as colheitas. A perda anual de enxôfre por drenagem e safras está na casa dos 44 kg/hectare, sendo maior em terras com calagens. (WAKSMAN, MALAVOLTA).

O teor de enxôfre varia nas plantas entre 0,01% na palha de centeio, até 1% nas fôlhas de nabo.

Na decomposição de material orgânico, os complexos ricos em enxôfre, especialmente as proteínas e glicosídios, são hidrolisados. Nas proteínas, o aminoácido e a cistina são ricos em enxôfre.

Nos recentes estudos em materiais antibióticos, verificou-se que o enxôfre é um constituinte essencial dêstes compostos (WAKSMAN).

Na decomposição do enxôfre participam, pràticamente, todos os microrganismos que necessitam, imperativamente, de enxôfre para a produção de suas proteínas. Assim, encontramos cistina — um aminoácido rico em enxôfre — nas bactérias noduladoras. Também metionina é um aminoácido indispensável para os microrganismos. A aneurina (vitamina B_1), biotina e penicilina contêm enxôfre em quantidades diversas (ADAMS, RUSSELL).

As bactérias mais ativas são as autótrofas (fotossintéticas e quimiossintéticas).

Podemos classificar os microrganismos segundo a sua exigência em enxôfre:

a) Microrganismos que, para o abastecimento de sua exigência em enxôfre, decompõem compostos sulfurosos e que ainda utilizam produtos de oxidação, redução e cisão de compostos orgânicos sulfurosos em forma de H_2S; exemplo, o fungo *Saprolegnia*.

b) Microrganismos que tiram o seu enxôfre, especialmente, da redução de SO_4. Falamos aqui de uma dessulfurização. Temos, como exemplo principal, o *Aspergillus niger* que utiliza sulfatos e ácido sulfúrico para a composição dos seus compostos orgânicos.

c) As próprias *Thiobacter* aproveitam-se do enxôfre elementar e oxidável que elas oxidam usando a energia liberada. Chamamos isto de «sulfurização».

Pertencem estas bactérias a diferentes grupos morfológicos e fisiológicos, tendo, em comum, sòmente a ação sulfurizante. (VOGLU et. al).

A *Thiobacter thioxidans* é a mais importante.

Verificamos certas semelhanças com a decomposição de N, processando-se a sulfurização em duas fases:

1) $2\,H_2S + O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + S_2$

a segunda fase consiste na oxidação de enxôfre para ácido sulfúrico:

2) $S_2 + 3\,O_2 + 2\,H_2O \longrightarrow 2\,H_2SO_4 + 414$ calorias

(WAKSMAN e STARKEY).

O enxôfre que se forma na primeira fase existe em forma líquida e é absorvido pelos microrganismos, onde é armazenado no protoplasma.

Êste armazenamento, porém, sòmente acontece caso exista H_2S em abundância. Em água, livre de sulfito de hidrogênio, o enxôfre desaparece de nôvo do protoplasma dos microrganismos.

O ácido sulfúrico, formado na segunda fase, é logo neutralizado no solo por sais carboxílicos, ácidos ou por cal, ligando-o na forma de $CaSO_4$ (gêsso). (ZEILINGER).

Disto concluímos, que a presença de carbonatos é essencial para a atividade das *Thiobacter*. As energias liberadas na oxidação do enxôfre são usadas pelos microrganismos para a reabsorção de carbono.

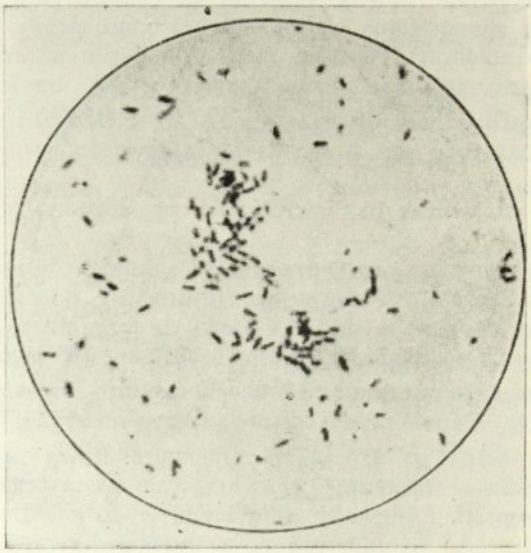


Fig. 43 — *Thiobacillus thioxidans* (WAKSMAN)

WAKSMAN e LIPMAN provaram a existência de microrganismos tanto em terras ácidas como alcalinas. Provàvelmente, a *Thiobac. thioxidans* é ativa em terras ácidas, enquanto a *Thiobac. thioparus* aciona em terras alcalinas. Êstes microrganismos são autótrofos e possuem, portanto, a capacidade de assimilação de ácido carbônico. O montante de enxôfre oxidado, depende não sòmente dos microrganismos presentes, mas essencialmente do ambiente oferecido. Assim, a reação do solo, (pH), a concentração de sais minerais e a presença de matéria orgânica influenciam determinadamente esta oxidação. Nestas condições recorre-se, em terras alcalinas, à adubação com ácido sulfúrico como medida drástica, reduzindo o pH e, portanto, os efeitos danosos de muitas bactérias que se tornam parasitárias para várias culturas como, por exemplo, *Streptomyces scabies*, que ataca vegetais, especialmente batatinhas, quando deficientes em boro (NUSBAUM).

Porém, o efeito do H_2SO_4 não é de longa duração e exigem-se outras medidas mais adequadas para baixar o pH.

A reação na terra dá-se da seguinte maneira :

$$Ca_3\ (PO_4)_2 + 2\ H_2\ SO_4 = 2\ CaSO_4 + Ca\ (H_2\ PO_4)_2$$

fosfato de cálcio — gêsso — superfosfato

Fig 44 — *Spirillum desulfuricans* (seg. BEIJERINCK).

A redução de sulfatos não é menos importante no solo.

Segundo BEIJERINCK, a *Microspira desulfuricans* e o *Sporovibrio desulfuricans*, ambas bactérias anaeróbias, são responsáveis pelo seguinte processo :

$$CaSO_4 + CH_3\ COOH = H_2\ S + CaCO_3 + CO_2 + H_2\ O$$

Êste ocorre, sòmente sob condições anaeróbias e em presença de matéria orgânica. O gás sulfídrico, produzido nesta redução, é característico às terras encharcadas ou pantanosas. Na presença de ferro, produz-se o escuro sulfito de ferro, dando a côr característica pardo-azulada às terras pantanosas, ricas em matéria orgânica (WAKSMAN).

FÓSFORO

O fósforo não é sòmente um dos três macro-nutrientes vegetais NPK mas é, segundo apuramos, o elemento chave de tôda a vida vegetal (PRIMAVESI).

A decomposição dos fosfatos minerais do solo está, na sua maioria, ligada a processos bioquímicos. O fator principal dêsses processos é a atividade dos microrganismos, formando ácidos capazes de dissolver os fosfatos ou de convertê-los em formas orgânicas.

Segundo SCHAFFER, a disponibilidade de P segue paralelo com a atividade biológica do solo. Quanto mais ativa a microvida aeróbia e heterótrofa, tanto maior a disponibilidade dos fosfatos.

KÖNIG afirma possuir o pH muito menos influência sôbre os fosfatos que a microvida e, aquilo que se atribuia ao pH, é sòmente devido a diminuição ou aumento da atividade microbiana. Especialmente as bactérias nitrificantes e a *Thiobacter* são ativas na mobilização do fósforo. Mas, principalmente pela formação de humo e ácido húmico, efetua-se a transformação dos fosfatos. A *Azotobacter chroococcum*, as *Bacteria mycoides* e as *Pseudomonas fluorescens liquefaciens* contêm entre 4,5 a 5,3% de fósforo na sua cinza. O fósforo existe no solo :

a) como compostos orgânicos nos resíduos vegetais e animais,
b) nos agregados derivados das rochas,
c) nos adubos aplicados como superfosfatos, fosfato de cálcio, etc.

Entre os compostos fosfóricos orgânicos no solo, são mais importantes a lecitina, a fitina e os ácidos nucléicos.

GERRETSEN conseguiu provar que a assimilação de fósforo pelas plantas é muito superior em presença de microrganismos, existindo uma estreita relação entre a oxidação do enxôfre e a solubilização de fosfatos.

Por outro lado, a maior assimilação de fosfatos pela raiz vegetal provoca um melhor desenvolvimento radicular, que, por sua vez, provoca maior assimilação de nutrientes.

Nos laboratórios, usa-se sempre mais o bio-teste para a avaliação de fósforo disponível, sendo usados especialmente, a *Azotobacter chroococcum, Aspergillus niger, Trichoderma, Cunnighamella* e *Aspergillus oryzae* (NIKLAS).

POTÁSSIO

Como nutrientes microrgânicos, são estritamente necessários, potássio, magnésio, cálcio, ferro, cloro, molibdênio e silicatos. Sabemos que sem molibdênio as *Azotobacter* não podem fixar nitrogênio, e o cobalto é o elemento que retarda a divisão celular.

O potássio existe em grandes quantidades na maioria das terras, tanto na forma orgânica como na de silicatos zeolíticos e não zeolíticos. É aplicado no solo em forma de sais hidrossolúveis, como sulfato, cloreto, carbonato e fosfato, como estrume, e em forma de outros compostos orgânicos. Os bacilos contêm, geralmente, entre 4 a 25% de potássio na sua cinza, enquanto nos fungos aparecem entre 8,7 a 39,5% (WAKSMAN).

A atividade microbiana aumenta, consideràvelmente, a disponibilidade dêste nutriente na terra, o que prova, por exemplo, o «mulch system» (PRIMAVESI,

RUSSELL). Potássio é responsável pelo inchamento do plasma, quer dizer, pela pressão intracelular e, como catalisador, toma parte decisiva na sintetização de açúcar. Não pode ser substituído por outro elemento na dieta microbiana. O potássio é deslocado no solo pelo cálcio e magnésio, e desloca o sódio. A concentração do potássio disponível é, portanto, controlada :

a) pela concentração total do elemento,
b) pela forma em que se acha presente,
c) pelo grau de saturação dos zeólitos (complexos troca-adsorção),
d) pelo pH,
e) pela quantidade de humo existente,
f) pela atividade dos microrganismos no solo,
g) pela umidade do solo.

Pelo método da *Azotobacter* de SEKERA, determina-se a concentração de potássio disponível no solo, que oscila entre 2 a 30%, dependendo essencialmente da atividade microbiana que WAKSMAN denominara, simplesmente, de «fertilidade». Notamos aqui, que «fertilidade» não é empregada para a quantidade de sais minerais no solo, mas sim, pela atividade microbiana do solo que torna os sais minerais disponíveis.

Na : É normalmente pouco usado pelos microrganismos, sendo sòmente necessário para as bactérias halófilas, fluorescentes, que existem em terras salinas. Muitas bactérias, especialmente as que podem formar esporos, são «halotolerantes», quer dizer, toleram sal. O sódio não pode ser substituído na vida das bactérias halófilas.

Mg : Perfaz sòmente 1% das cinzas de bactérias, porém é necessário, tanto para a formação de substâncias corantes que contêm magnésio, como para as que não o contêm. É um fator importante na carboxilase. Em concentração maior, é bastante venenoso, devido à mobilização dos colóides celulares, mas êste efeito pode ser neutralizado pelo cálcio.

Ca : Parece não ser necessário como nutriente microbiano, mas sim, como antagonista de outros íons em excesso.

Cl : É sòmente importante em sua ligação ao sódio, como NaCl.

Mn : É também catalisador e pode substituir algumas qualidades do ferro no sistema das enzimas respiratórias.

Mo e B : São necessários para as bactérias simbiontes que fixam N.

FERRO

O ferro é um elemento essencial para todos os sêres vivos, tanto para os animais e plantas superiores, como também para os micro-sêres, porque tem a sua função num fermento de respiração.

O ferro é um dos elementos mais delicados e sua falta na nutrição vegetal foi a primeira a ser reconhecida.

BROWN enumera 12 pontos que influem sôbre o aproveitamento do Fe, que são:

1 — a deficiência absoluta de Fe no solo,
2 — uma sôbre-calagem (lime induced clorosis),
3 — a presença excessiva de bicarbonato no solo,
4 — um excesso de umidade,
5 — uma adubação forte de PO_4,
6 — a presença de maiores quantidades de metais pesados como Mo, V, Co, que possuem um efeito antagônico,
7 — temperaturas extremas,
8 — forte intensidade de insolação,
9 — um solo duro e sem estrutura,
10 — excesso de matéria orgânica (pastos pobres e pântanos drenados),
11 — sangria das raízes pelo cultivador,
12 — inseticidas e pesticidas ricos em Cu.

HEINONEN junta aqui mais uma causa: a deficiência em boro. Cada um dêstes motivos pode originar a deficiência de ferro no vegetal.

Considerando todos êstes itens, podemos ver, claramente, que êles se dividem em dois grupos principais:

A — Deficiências de estrutura e atividade biológica, onde se enquadram: o excesso de umidade (má drenagem, com o resultado da gleisação), camadas duras (solos decadentes), excesso de matéria orgânica em solos sem suficiente microvida e reações climatéricas extremas, que não aparecem em solos biològicamente ativos.

B — Tratos culturais e adubações mal executadas.

As bactérias que transformam o ferro, usam sais e ácidos de ferro e necessitam, por isso, de grandes quantidades dêsse elemento.

O processo bioquímico é, aproximadamente, o seguinte:

$$2\ FeCO_3 + 3\ H_2O \xrightarrow[\text{ambiente aeróbio}]{O} 2\ Fe(OH)_3 + 2\ CO_2 + 29 \text{ calorias}$$

A fácil oxidação de Fe^{++} para Fe^{+++} é aproveitada pelos microrganismos. Mediante esta energia, êles assimilam o gás carbônico e promovem a síntese de matérias orgânicas. As mais importantes bactérias dêste grupo são as *Siderocapsa molisch* e as *Sideromonas* (ZEILINGER).

Processo análogo encontramos no manganês, onde também da oxidação de Mn^{++} para Mn^{+++} provêm energias para a vida microbiana.

Em forma de humato, o ferro é fàcilmente assimilável pelas plantas. (WAKSMAN).

OUTROS NUTRIENTES INORGÂNICOS

Seg. WAKSMAN, molibdênio, zinco, cobre, cobalto e boro, atuam especialmente como catalisadores e como partes integrantes de enzimas no corpo microbiano. Assim, a *Azotobacter* não pode fixar nitrogênio em ausência de molibdênio.

Uma considerável quantidade de bacilos que beneficiam as verduras, não se desenvolve sem boro; em processos celulares das bactérias, o cobre é essencial, o zinco e o cobalto fazem parte de sistemas de enzimas e vitaminas. O zinco, por sua vez, favorece o crescimento de fungos e suprime a formação de esporos.

Por outro lado, a presença de arsênico no solo, que pode resultar após uma pulverização com inseticidas, provoca uma supressão da vida microbiana e, igualmente, um crescimento retardado e atrofiado da safra seguinte; isto, porém, acontece sòmente em terras sêcas.

Existem, ainda, alguns fungos que possuem a capacidade de converter, por redução, o arsênico em arsina, que é uma substância volátil. São êstes, especialmente, membros das famílias de *Penicillium brevicaule*, variedades de *Aspergillus*, como *A. sydowi*, *A. fumigatus*, *A. ochraceus* e espécie de *Fusarium*.

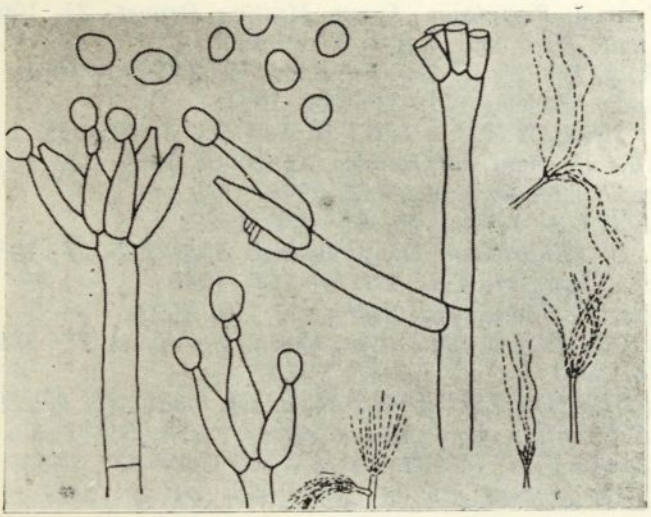


Fig. 45 — *Penicillium* (seg. WAKSMAN).

Também a transformação do selênio pelos microrganismos é importante, porque certas formações geológicas contêm selênio, que se acumula nas células vegetais sem poder ser aproveitado. Tais plantas, quando deterioram, desprendem um cheiro muito forte (RUSSELL).

Várias bactérias e fungos, geralmente os mesmos do grupo de arsênio, reduzem o selênio.

Os compostos de selênio estão sujeitos a numerosas transformações pelos microrganismos, sendo reduzidos pelos selenatos e selenitos e na oxidação de selênio elementar.

OXIGÊNIO

É o elemento básico de tôda atividade microbiana, tanto na oxidação aeróbia como na fermentação anaeróbia. Êle é tão importante na síntese celular como na decomposição de matéria orgânica. Sem oxigênio, não há vida.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS,A.P. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 18: 40, 1954.
BAULE,H. Revista da Potassa, 6 Sec. 6: 1-4, 1962.
BEIJERINCK,N.W. «Verzamelte Geschriften», 1921-1946, Delft.
BJÄLFVE,G. Physiol. Plant. 15: 122-129, 1962.
BOGULAWSKI,E. e LENZ,K.O. Z. Acker u. Pflanzenb. 110: 379-392, 1960.
BROWN,J.C. Adv. Agron. 13: 329-369, 1961.
FULLER,W.H. et al. Pan Amer. Agron. Meeting Denver: 21, 1963.
GERRETSEN,F.C. Plant and Soil 1: 51, 1948.
HEINONEN,R. J. Sci. Agric. Soc. Finnland 33: 267-271, 1961.
KÖNIG,E. Landw. Forschg. 14: 216-224, 1961.
LIPMAN,J.G., McLEAN,H.C. e LINT,H. Soil Sci. 2: 499-538, 1916.
MALAVOLTA,E. «Manual de Química Agrícola», 1959, São Paulo.
MEYER,L. Ber. Landbautech. 4: 3-12, 1948.
MITSCHERLICH,E.A. Landw. Jb. 58: 601, 1923.
MÜLLER,E.H. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 103: 112-127, 1963.
NUSBAUM,C.J. Phytopath Vol. 36: 164-167, 1946.
NIKLAS,A. Ztschr. Pflanzenern. Düng. 32: 50, 1933.
NYS,L. e HANOTIAUX,G. Bull. Inst. agron. Gembloux 28: 389-417, 1960.
PEARSON,R.W. Soil Sci. 93: 77-82, 1962.
POSCHENRIEDER,H. e LEUTHOLD,R. Bayer. landw. Jb. 39: 237-243, 1962.
PRIMAVESI,A. «Cultura da Cana-de-Açúcar», 1954, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «O Vírus nas Plantas e o seu Combate», 1953, São Paulo.
PRIMAVESI,A. et al. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 28: 4, 1964.
PRIMAVESI,A. et al. «Disposition Test of Crop Soils to Commercial Dressing Response», 1964, Bucarest.
PRIMAVESI,A. et al. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 105(1), 1964.
RÜBENSAM,E. e STEINBRENNER,K. A. Thaer Arch. 5: 266-281, 1961.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
RUSSELL,E.J. «Plant Nutrition and Crop Production», 1947, London.
SCHAFFER,G. Z. Acker u. Pflanzenb. 113: 325-337, 1961.
SEKERA,F. «Der gesunde und der kranke Boden», 1943, Berlin.

SEKERA,F. citado por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
STARKEY,R.L. Bact. Rev. 22: 54, 1958.
VETTER,H. Z. Acker u. Pflanzenb. 113: 413-424, 1961.
VIETS,F.G.Jr. Adv. Agron. 14: 223-264, 1962.
VOGLU,K.G. et al. J. Gen. Physiol. 5: 285-319, 1923.
VOISIN,A. «Über die Verbindung der Gesundheit des modernen Menschen mit der Gesundheit des Bodens», 1962, Köln.
WAKSMAN,S.A. «Principles of Soil Microbiology», 1927, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
ZEILINGER,A. «Landwirtschaftliche Mikrobiologie», 1959, Wien.

CAPÍTULO VI

A MICROVIDA E AS ATIVIDADES AGRÍCOLAS

OS MICRORGANISMOS E A ESTRUTURA DO SOLO 143

A RAIZ VEGETAL E A FOFICE DO SOLO 144

O VALOR CULTURAL E A FOFICE DO SOLO 145

AGRUPAMENTO DE BACTÉRIAS NO SOLO 146

ATIVIDADES QUE INFLUENCIAM A VIDA MICROBIANA NO SOLO 147

Influências indiretas :

1 — Aração, gradeação e cultivação 147
2 — Adubação orgânica 149
3 — Adubação química 150
4 — Uso da terra 151

Influências diretas :

Métodos Físicos 156
Métodos Químicos 158
Métodos Biológicos 158

BIBLIOGRAFIA 160

142

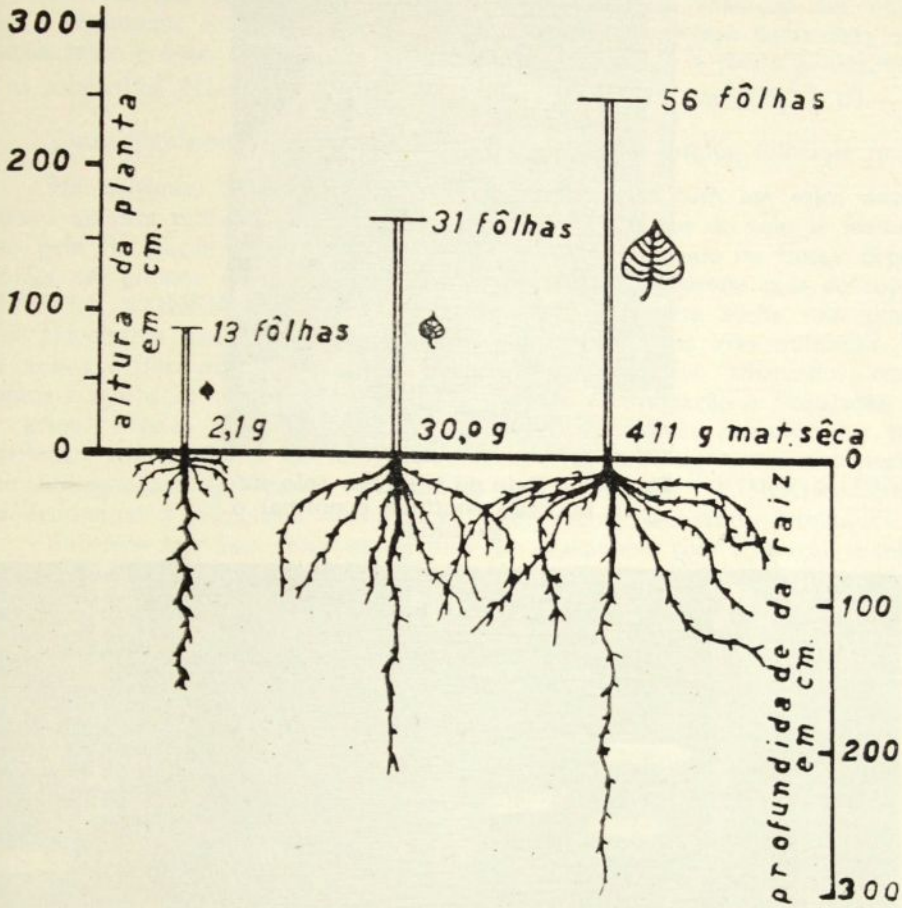


Fig. 46 — Desenvolvimento do girassol: a parte vegetal acompanha o desenvolvimento radicular.

Fig. 47 — Raiz de trigo em solo fôfo — a nutrição contínua e normal é garantida

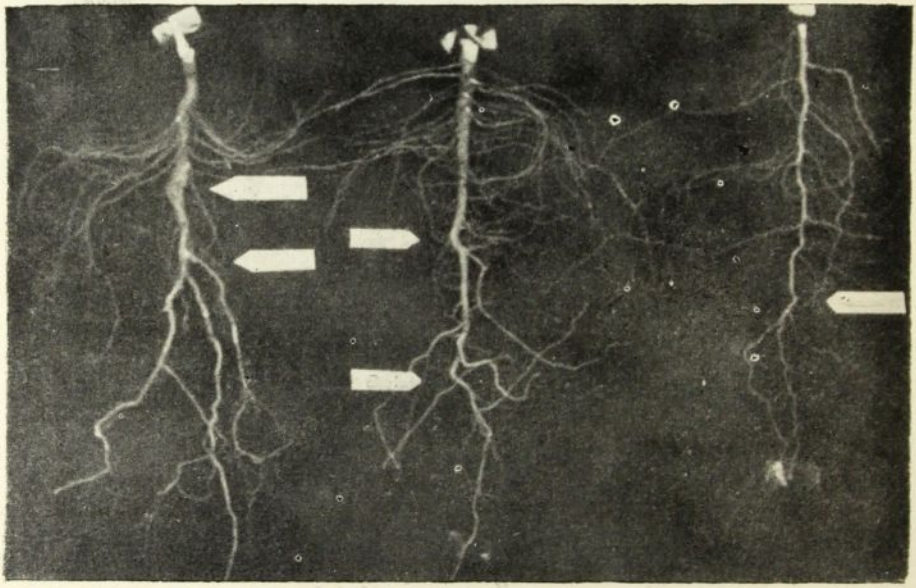


Fig. 48 — Raízes de guanxuma *(Sida rhombifolia)*. As setas indicam os lugares onde a raiz encontrou forte resistência no solo, podendo superá-la sòmente após grandes dificuldades. Daí as torceduras e forquilhamento.

O valor cultural de um solo diminui com a densidade de sua estrutura. (PÉRIGAUD). Quanto mais duro um solo, tanto mais ácido (SEKERA) e quanto mais baixo o pH, tanto menos bactérias e actinomicetos, e tanto mais fungos ali habitam (RUSSELL). A planta, cujas raízes encontram considerável resistência nas camadas duras, desenvolve-se mal. A absorção dos nutrientes é sèriamente comprometida. ROUTSCHENKO encontrou batatinhas com coração preto e ôcas, sòmente em solos duros (baixo pO_2) e muito ácidos, sendo os tubérculos pobres em Ca, K, Mg, NO_3, mas ricos em NH_4 e Cl.

Conseqüentemente, a planta desenvolve-se mal e produz colheitas ruins.

Há culturas, como a da batata-doce, que se dão bem em solos duros, porém a maioria prefere solos floculados e fofos. Os grumos do solo se formam tanto pela floculação mineral, como pela microrgânica, sendo os flocos depois reunidos em grumos maiores, pela raiz do vegetal, especialmente pela do capim (RUSSELL, COHEN). Assim, explica-se porque uma terra ácida, com pouco poder floculativo, pode ser fôfa (graças a microvida). Por vias químicas, tal solo nunca é floculado e fôfo. Mas por métodos de cultivo adequados, como calagem e adubação orgânica, podemos alcançar a revitalização e floculação de tais solos. Precisa ser ressaltado que bactérias anaeróbias e autótrofas não contribuem para a fofice do solo, mas sòmente as aeróbias tanto autóctones como zimogênicas (o têrmo «zimogênica» é usado por WINOGRADSKY para denominar a microflora «doméstica», que depende dos tratos humanos).

Sabemos que esta flora zimogênica se desenvolve com a aração e adubação orgânica e desaparece com a falta de aração e de matéria orgânica, como já constatou WINOGRADSKY e, novamente, mais tarde, os cientistas da fertilidade do solo RUSSELL, DOEKSEN, PRIMAVESI, e outros. Isso significa que:

1 — A microflora autóctone não é responsável pela estrutura fôfa das nossas terras de cultura, como SEKERA havia pensado.

2 — A fofice dos nossos solos agrícolas é absolutamente artificial e depende, pois, inteiramente, do trato dado pelo homem.

Como PRIMAVESI (1964) havia provado, a microflora autóctone de pastos desaparece, quase totalmente, em solos agrícolas, cedendo lugar a uma microflora própria à terra de cultura. A fofice dos solos agrícolas e hortícolas não é muito estável e necessita de cuidados permanentes para não degenerar.

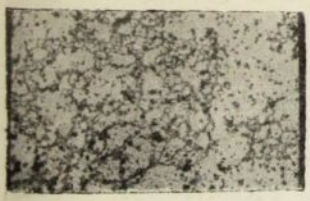


Fig. 49 — Solo natural, flora polífita (125 : 1)

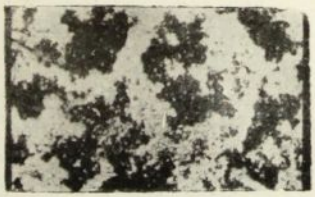


Fig. 50 — Terra de cultura fôfa (125 : 1).

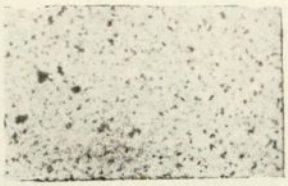


Fig. 51 — Terra de cultura decaída e dura (125 : 1).

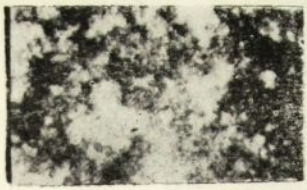


Fig. 52 — Solo infértil, abandonado; a formação de muco é forte. (125:1)

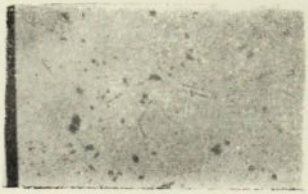


Fig. 53 — Pasto ácido e muito pisado, predominando as lactobactérias. (125 : 1).

Fig. 54 — Uma bactéria que produz antibióticos no meio. Em volta, decompositores do antibiótico, seguido de um espaço vago. (125 : 1).

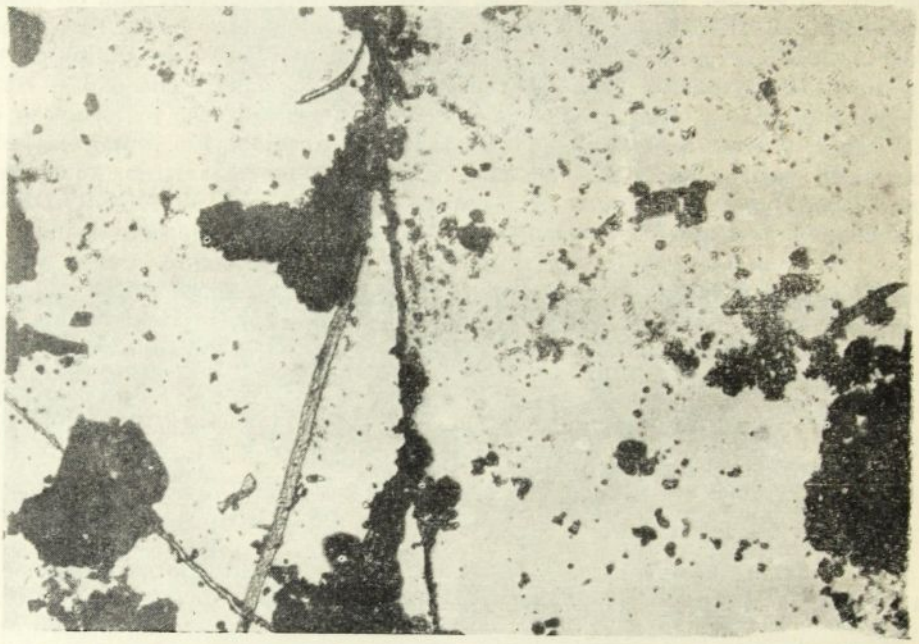


Fig. 55 — Fungos e bactérias na ligação dos grânulos do solo (400 : 1).

A decadência do solo agrícola é causada pela decadência da microflora zimogênica e não pode ser recuperada por simples correção do pH ou por métodos mecânicos, mas sòmente pela recuperação e equilibração da microvida zimogênica (BROMFIELD, WAKSMAN, RUSSELL, PRIMAVESI, (1952), DOEKSEN, e outros).

É essa a razão porque BROMFIELD chama a microvida de solos agrícolas de «animaizinhos domésticos»: ela depende intimamente do homem.

A estrutura fôfa de pastos bons pode, se arados, dar uma boa partida à estrutura fôfa do solo de cultura, mas nunca se conserva ali e, portanto, a fofice desaparece em pouco tempo.

Se o pO_2 é < 7, as plantas são sempre pequenas, murchando fácilmente com um pouco de sol, são pobres em ligninas, mas ricas em glicose e sacarose. Sòmente durante a germinação as plantas apreciam um $pO_2 < 6{,}0$ (SIEGEL), isto é, um solo pouco arejado. Por isso usa-se a prática de apertar o chão após a semeadura, o que porém torna necessário o seu posterior arejamento, logo depois do nascimento das plantinhas.

Segundo SEKERA, a construção viva dos flocos de terra por micélio de actinomicetos é a base da fertilidade de cada solo, que aumenta pela segregação de muco pelas bactérias, diminuindo assim, consideràvelmente a evaporação.

Podemos concluir que uma terra «viva» é incomparàvelmente mais estável contra a sêca porque:

1 — A sua retenção de água é muito maior que a da terra compacta.
2 — Os micróbios evitam a evaporação mediante segregação de muco.
3 — Os micróbios formam água nos diversos processos bioquímicos.
4 — Os grânulos de terra evitam a formação de capilares de ascensão da água.

A terra viva permanece ainda úmida, enquanto a terra morta encontra-se já ressequida e rachada.

Segundo nossas experiências, as culturas agrícolas, em terras «vivas», suportam 10 a 12 semanas de sêca total, sem sofrer consideráveis prejuízos. Além disso, o crescimento vegetal não depende sòmente da umidade do solo, mas do balanço entre água absorvida e água transpirada. Falamos pois, não de teor em umidade, mas do potencial em umidade, que exprime muito melhor a situação real.

ATIVIDADES QUE INFLUENCIAM A VIDA MICROBIANA NA TERRA

INFLUÊNCIAS INDIRETAS:

1 — aração, gradeação e cultivação,
2 — adubação orgânica,
3 — adubação química e calagem,
4 — uso da terra.

1 — A ARAÇÃO provoca tanto um solteamento do solo, como uma modificação da posição das camadas da terra. A terra está melhor arejada, a sua capacidade de infiltração aumenta, enquanto a da evaporação diminui. Ao mesmo tempo, ocorre uma nivelação da temperatura, porque a água possui um alto grau de calor específico. Pelo arejamento do solo incentivam-se os processos de oxidação, quer dizer, aumenta a formação de CO_2 e NO_3^-. Por outro lado, dificultam-se os processos anaeróbios no solo, que, via de regra, têm influência danosa. Assim, impede-se a formação de turfa e a desnitrificação e redução dos nitratos.

A aração, gradeação e todos os outros trabalhos no campo nunca devem ser feitos para alcançar efeito momentâneo, que é a pulverização do solo. Êles devem visar a formação de uma estrutura fôfa e estável (SCHAFFER).

Um enxugamento temporário do solo é benéfico, porque sob condições úmidas, os bacteriófagos aumentam desproporcionalmente. Êstes são muito suscetíveis à sêca, morrendo logo, se faltar a costumeira umidade.

As toxinas são destruídas pela sêca. Os protozoários não têm mais garantida a sua multiplicação ilimitada. (RUSSELL).

Entendemos pois, que terras permanentemente inundadas, como acontece com muitos dos nossos arrozais, desenvolvem uma microflora danosa à agricultura, reduzindo assim, fácilmente as colheitas. Para manutenção de boas colheitas é, portanto, essencial drenar radicalmente os campos de arroz depois da colheita, e plantar, de vez em quando, uma cultura «sêca» seja ela de milho, leguminosas ou batatinhas.

Segundo HIRTE, desenvolve-se em solos irrigados uma microflora intensa, porém unilateral. Predominam bactérias fluorescentes e gram-negativas, bem como as de forte coloração, que são tôdas conhecidas como produtoras de antibióticos, criando, finalmente, uma microflora e fauna próprias, danosas às culturas. MITCHELL constatou um forte desenvolvimento de fungos, sòmente em lugares onde a terra fôr pobre em matéria orgânica.

Resumindo, todos os trabalhos no campo, inclusive a irrigação, têm uma pronunciada ação sôbre a microvida.

Trabalhos executados, ignorando êsse fato, podem acarretar sérios distúrbios na microvida, provocando a decadência da estrutura fôfa e, com isso, a da fertilidade do solo (SEKERA, RUSSELL, PRIMAVESI (1952), GÖRBING). Tanto SEKERA como LESSARD e CZERATZKI declaram que o volume poroso do solo diminui proporcionalmente ao aumento da profundidade de aração, porque vira as camadas «mortas» à superfície, cuja estrutura não resiste à ação da chuva. A manutenção desta estrutura, porém, é vital às nossas lavouras, porque garante:

1 — a normal absorção de nutrientes suficientes para o bom desenvolvimento da cultura. As plantas serão, assim, sempre bem nutridas;
2 — ao solo um maior poder de retenção de água;
3 — a microvida, que é forçosamente poliforme; a partir do momento em que se torna unilateral, decai a estrutura porosa.

Os trabalhos no campo, especialmente as arações e gradeações, devem ser feitos em estrito acôrdo com a «vida» do solo, visando, especialmente, a manutenção de uma rica e poliforme microvida. Esta provoca a estrutura desejada, que beneficia ao máximo as culturas agrícolas e possibilita uma adubação comercial em bases econômicas (PRIMAVESI).

É absolutamente errado executar os trabalhos no campo, como é usual na agricultura extensiva, ùnicamente do ponto de vista da cultura que se pretende plantar. Arações profundas, adubações maciças, em-

prêgo de máquinas de destorroamento, etc., são métodos que trabalham em completa ignorância aos fatôres que promovem a fertilidade.

Deve-se lembrar que cada método, agindo em desconsideração ao equilíbrio biológico do solo, destrói a fertilidade. Mesmo se o método parecer acertado no momento, como, por exemplo, uma aração profunda, êste está errado, e causa, como provam nossos solos de cultura, a destruição da fertilidade.

Também o cultivo a limpo abandona-se sempre mais, — porque a intensiva insolação do solo prejudica muito a microvida, e com isso, a estrutura do mesmo; em muitos países é substituído por culturas intercaladas, já que as culturas agrícolas, em nossos solos decaídos, quase nunca chegam a sombrear o chão.

2 — A ADUBAÇÃO ORGÂNICA :

Como já frisamos, é o estrume de curral bem curtido o adubo mais valioso da agricultura porque:

a) fornece matéria orgânica,
b) enriquece a terra em potássio, fósforo e nitrogênio,
c) enriquece a terra em microrganismos tanto pelo número de novos micróbios que possui, como pela incentivação da vida microbiana da terra,
d) modifica favoràvelmente as condições físicas e químicas do solo. (VERSHININ).

SALTER e HAWORTH provam que a «capacidade do campo» (em reter água útil, sem encharcar) aumenta pela aplicação de estrume de curral, mas sòmente se êste fôr virado superficialmente, porque só assim promove-se a formação de uma camada fôfa.

A adubação verde é, essencialmente, um alimento para os microrganismos, fornecendo azôto e carboidratos, isto é, energia para a microvida. (RUSSELL).

GUILLEMAT e MONTEGUT constataram o beneficiamento de certos fungos pela adubação, especialmente esta de estrume de curral, como do *Aspergillus nidulans, A. restrictus, Penicillium vermiculatum, Melanospora,* mas antes de tudo do *Trichoderma,* assim como também dos fungos imperfeitos.

Com a adubação mineral (NPK) são especialmente beneficiados os *Penicillium*. Segundo êstes autores, a camada superficial do solo, até 20 a 25 cm, possui uma flora zimogênica, enquanto as camadas subjacentes não sofrem alteração microbiana pelo cultivo.

Houve um tempo em que se considerava sòmente a adubação de estêrco curtido ou de compostos, que é matéria orgânica fermentada e decomposta. Porém, desde os sucessos de Sir ALBERT HOWARD, com a adubação verde, esta foi sempre mais usada, em detrimento daquela. A grande vantagem da adubação verde é tríplice:

1 — sombreia o chão, por tôda a época em que está crescendo,
2 — abre, com suas raízes poderosas, as camadas duras, abrindo o solo à microvida,

3 — anima altamente a microvida, quando aplicada superficialmente ao solo.

Muitos fracassos, porém, diminuiram o uso da adubação verde. Êstes fracassos devem-se ao fato da matéria orgânica ser considerada alimento vegetal e por isso, profundamente virada no solo, sofrendo ali uma decomposição anaeróbia, produzindo metano, um tóxico aos vegetais.

Se a adubação verde é aplicada superficialmente, com o único objetivo de servir de alimento microbiano, o efeito beneficiente nunca falhará. Ela promoverá a fofice e constituirá uma adubação nitrogenada, mas nunca enriquecerá o solo com humus, porque a sua relação N : C é, ainda, muito estreita (ALLISON).

Segundo TURELLE, a cobertura morta, com palha de cereal colhido, aumenta muito a fofice, porém impede o desenvolvimento de bactérias de fixação de N e de nitrificação (SCHÖNBECK), que aparecem, porém, quando o «mulch» fôr virado no solo.

Resumindo: A adubação orgânica é indispensável à manutenção da microvida zimogênica, e, portanto, à estrutura floculada do solo agrícola. E, com isso, equivale a dizer: é a base da fertilidade da terra de cultura.

3 — A ADUBAÇÃO QUÍMICA E A CALAGEM modificam:

a) a concentração da solução aquosa do solo e com isto,
b) o pH do solo,
c) a nutrição vegetal e microbiana.

É conhecido que uma elevação do pH tem influência decisiva sôbre a microvida. Sabemos que alguns aníons e catíons que se acumulam no solo como restos de adubos, por exemplo, Cl^- (de KCl), Na^+ de ($Na\,NO_3$) e $SO_4^=$ (de $MgSO_4$), exercem influência prejudicial aos micróbios, à micro- e mesofauna.

TABELA DE BRIAUX

Adubo	pH no início	pH depois 2 dias	pH depois 70 dias
uréia	6,45	7,6	5,35
$(NH_4)_2\,SO_4$ sulfato de amônio	6,45	6,9	5,20
$Na\,NO_3$ (salitre) ..	6,48	6,85	6,60

Mas, a falta de nutrientes tem efeito prejudicial à vida microbiana, porque esta utiliza da mesma maneira sais minerais, como as plantas de cultura.

Sôbre os efeitos da adubação química vide Capítulo V.

Devemos resumir: O mais importante de uma adubação química é a manutenção do equilíbrio nutricional. Cada adubação unilateral, mesmo se promove um melhor desenvolvimento da cultura, deve ser considerada um método predatório, que contribui para o esgotamento e decadência total do solo. (BAULE).

O exemplo de um trigo adubado com NPK, dando uma colheita maior, porém sendo atacado fortemente de *Cercosporella herpotrichoides* (AUFHAMMER, NOBRE), é a prova clássica dum desequilíbrio alimentar, permitindo a deficiência aguda de outros nutrientes, provàvelmente de magnésio e cobre, o ataque fungiano. Economicamente a medida pode ser justificável, porque trouxe um aumento da safra de 29%. Na nutrição humana, porém, é inadmissível, porque fornece um produto deficiente, causando doenças nervosas (VOISIN).

Vai como regra: se uma adubação química provoca um ataque microrgânico ou de insetos, o que na cultura sem adubação não aconteceu, pode-se ter a certeza da falta de um ou mais outros nutrientes, não aplicados nesta adubação, porém necessários à produção de colheitas sadias e altas.

4 — O USO DA TERRA

O uso da terra influi sôbre os microrganismos, segundo a antiga lei da mútua influência: Planta — Solo — Microrganismos, tão bem formulada por ROBINSON e tão esplêndidamente provada por SEKERA, SCHEFFER e outros.

Cada planta cria microrganismos próprios a ela. Assim, por exemplo, aumentam, segundo DOBEREINER, na rizosfera da cana de açúcar, os fixadores de nitrogênio *Beijerinckia Derx*, enquanto actinomicetos e fungos diminuem. Na rizosfera de gramíneas forrageiras aumentam os actinomicetos, na de leguminosas as *Pseudomonas*, etc.

Por outro lado, cada multiplicação unilateral de microrganismos provoca os respectivos «fagos».

1 — O pousio é, portanto, a medida mais primitiva para equilibrar novamente a microvida.

A simples aração e o posterior abandono da terra, o que os anglo-americanos chamam de «fallow» e os alemães de «brache» e o que chamamos simplesmente de «pousio», beneficia altamente a vida microbiana. Mas também a cobertura do chão e raízes poliformes têm elevada importância neste ciclo da vida microbiana. O fenômeno da terra se «cansar» de uma cultura, como acontece com a aveia, o trifólio e as leguminosas em geral, com grande facilidade, explica-se pela multiplicação unilateral de uma ou outra espécie de bactérias, desequilibrando tôda a vida microbiana do solo. Assim, por exemplo, sob contínuo cultivo de leguminosas, multiplicam-se os clostrídios, *Proteus*, *Pseudomonas* e micrococos, enquanto os outros degeneram.

2 — As culturas intercaladas possuem a vantagem de não cansar o solo, como o faz a monocultura, porque têm o chão sombreado e possuem, pelo menos, duas culturas diferentes, criando, assim, uma microflora e fauna mais variada que na monocultura. Culturas intercaladas são, por exemplo: milho + soja, trigo + alfafa, centeio + ervilhaca, aveia + ervilha, batatinha + ervilha, algodão + trevo encarnado, cana de açúcar + tremôço ou feijão fradinho, etc.

3 — Os rodízios de culturas ou rotações são um método mais avançado de garantir a multiplicidade dos microrganismos e a fertilidade do solo. No entanto, rotação não é sòmente a simples troca de duas culturas, mas sim a mudança organizada entre culturas que:

a — beneficiam a microvida, tais como colza, cebôla, gramíneas forrageiras, leguminosas, batatinhas estercadas, batata-doce, etc.

b — prejudicam a microvida, tais como tôdas as culturas exigentes, por exemplo : trigo, arroz, algodão, linho, etc.

c — culturas neutras e modestas que aproveitam, ainda, a fertililade existente, tais como : milho, aveia, centeio, mandioca, etc.

Rotações vantajosas são, por exemplo :

Sorgo — tomate — trevo — algodão

Azevém — batatinha com ervilha — linho — milho — amendoim

Alfafa — trigo — mourisco — aveia — batata-doce.

4 — Rotações mistas são aquelas que hoje mais se propagam, porque se reconheceu a vantagem de recuperar, de vez em quando, a microvida autóctone, a fim de «descansar» o solo antes de submetê-lo a nôvo regime rigoroso da microvida zimogênica e de elevada produção.

Esta rotação consiste em 3 anos de culturas agrícolas e 3 anos de invernadas ou pastos artificiais, por exemplo :

Batatinha com estêrco — trigo — milho — invernada de 3 anos.

Deve-se ter o cuidado de não plantar uma forrageira sòmente, mas, pelo menos, 4 ou 5 forrageiras, gramíneas e leguminosas, ascendendo a 8 ou mais variedades as misturas oficiais em muitos países (KLAPP). Para permitir uma boa recuperação, deve-se, mesmo em pastos artificiais, evitar o pastoreio permanente e ceifar uma vez por ano.

A ceifa permanente é mal suportada pela vegetação forrageira, porque é bem conhecida a regra que : «O pastoreio elimina as ervas de alto porte e ceifa as de baixo porte», o que, segundo KLAPP, provoca, com o pastoreio, a eliminação das plantas com raízes abundantes, limitando o enraizamento a 4 ou 5 cms da superfície. Permanente uso de invernada ceifada, ao contrário, beneficia as plantas de porte alto e raízes profundas, porém deixa o solo pràticamente desprotegido e sem sombreamento, prejudicando gravemente a sua fertilidade.

O pastoreio permanente, com o socamento da superfície do solo, provoca um empobrecimento do mesmo em micro- e mesofauna. A resultante gleização prejudica tanto a microfauna, como o faz a «cultura a limpo», sendo o dano maior em culturas perenes, como pomares e cafèzais. (WILCKE).

O pastoreio permanente provoca, segundo KLAPP:

1 — o endurecimento da superfície do solo,
2 — a eliminação de tôdas as plantas que se multiplicam por sementes,
3 — o beneficiamento de tôdas plantas que se multiplicam por rizomas, sendo de porte baixo,
4 — em pastos «sobrecarregados» multiplicam-se, especialmente, as ervas desprezadas pelo gado, como: barba-de-bode *(Aristida pallens)*, erva de rato, *(Asclepias curassavica L.)*, junças *(Cyperacea)*, etc.

Em pastos parcialmente encharcados, como em grande parte do Rio Grande do Sul, desenvolvem-se parasitas, que se alojam no fígado e pulmões do gado, como também na bexiga, prejudicando gravemente a saúde animal.

Segundo BATES, aumenta o humo em pastos pobres a 102% em 11 anos e em pastos bons, segundo RUSSELL, de 200 a 530%. LEHMANN encontrou em pastos permanentes 12,4% de humo; em pastos ácidos e úmidos, pobres em microfauna, o humo acumula-se na superfície por não ser mais misturado com o solo, e em lugar de melhorá-lo, forma uma camada absorvente que finalmente provoca a gleização e paludização do terreno (WILJAMS). Não há, portanto, recuperação de um pasto, sem recuperação da microfauna (FRANZ, EVANS, GISIN).

Recupera-se a microflora pela adubação com estrume (FRECHMANN, TIEMANN), calagem e adubos comerciais, — especialmente os de elementos menores como Mo, Cu, B, (KLAPP, BRENCHLEY, e WEBER) — e quebra-ventos (AICHINGER), possibilitando, assim, o restabelecimento da microfauna.

De maior importância é, no entanto, o uso, que influi decisivamente sôbre as sociedades vegetais e microrgânicas.

Enquanto na Inglaterra exige-se, ainda, o «ley - farming», a rotação entre agricultura e pastos artificiais, na maioria dos países reconheceu-se que o melhoramento dos pastos pode ser feito sem lavração, pela simples influenciação da micro e macroflora. (VOISIN, DAVIES, KLAPP, EVANS, GARDENER, MILTON e outros).

Serve, aqui, a regra de que a microfauna necessita de solos arejados (não muito pisados), frescos (mas não úmidos), tendendo para o neutro, com bons enraizamentos. A pastagem dirigida, — com épocas de descanso para o solo, — permite outros trabalhos, como adubação orgânica, adubação química, calagem, etc., possibilitando a recuperação do pasto, quando não é, ainda, gleizado. Também, aqui, vê-se claramente, que o desequilíbrio de um fator do ciclo vital planta — solo — microvida acarreta a decadência dos demais e o melhoramento de um fator, que é aqui a vegetação, provoca o de todos. Isto ressalta a necessidade da consideração do conjunto de fatôres e nunca de um só, isoladamente.

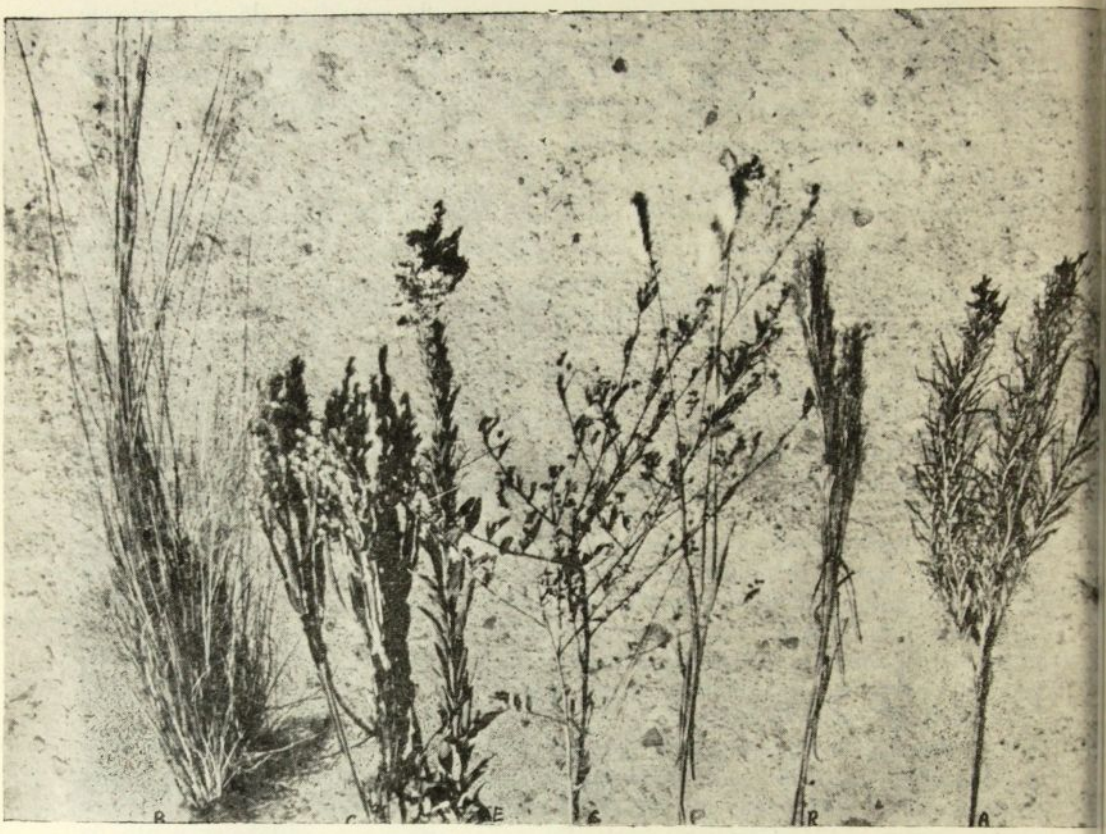


Fig. 56 — Vegetação predominante em campos abandonados da Depressão Central, Rio Grande do Sul. B — Barba-de-bode *(Aristida pallens)*, C — Carqueja *(Baccharis sp.)*, E — Erva lanceta *(Solidago microglossa)*, G — Guaxuma *(Sida sp.)*, P — Penachinho *(Bothriochloa lagurioides)*, R — Cola-de-burro (é chamado também «Rabo-de-burro») *(Andropogon condensatus)*, A — Alecrim do campo *(Vernonia sp.)*.

Um dos maiores problemas é o aparecimento de ervas daninhas nos pastos, como, por exemplo, caraguatá *(Eryngium sp.)*, Maria mole *(Senecio sp.)*, carqueja *(Baccharis sp.)*, junças e outras ciperáceas, barba-de-bode *(Aristida pallens)*, samambaias, etc.

Tôdas estas pragas dos pastos são, como foi explicado em capítulos anteriores, produtos do seu ambiente e a sua erradicação não se dá pelo simples combate com ervicidas, hormônios ou roça, mas sòmente pela modificação do próprio ambiente. As causas da decadência do pasto provém ùnicamente do seu uso descontrolado e explorativo. Pastoreio muito intensivo, com o pisoteio do gado de um lado e a seletividade dos animais por outro, provoca a proliferação de ervas, cuja multiplicação se dá por rizomas e que, graças a sua modéstia (junças) ou a simbiose com fungos (caraguatás), vingam em solos duros.

Com o tempo, a associação vegetal dêstes pastos é, de preferência, formada de plantas que o gado refuga (KLAPP). O enxarcamento temporário dêstes solos, pisoteados e endurecidos na superfície, é a lógica conseqüência, da qual, por sua vez, resulta o mais rápido empobrecimento do solo pastoril, especialmente em potássio, magnésio e cobre (VOISIN). Êste empobrecimento tem, por conseqüência, um gado mal nutrido, sujeito a uma série de doenças diretamente, como tetania dos pastos, infertilidade, paralisias parciais, etc. (FREAR) ou indiretamente, como febre aftosa, etc. (BROMFIELD), causadas pelas deficiências minerais da forragem.

Devem ser lembradas, aqui, sòmente algumas causas específicas do aparecimento de alguns inços pastoris. — Todos os caraguatás *(Eryngium)* e as junças *(Cyperacea)* vegetam tanto em solos úmidos ou secos, ácidos, como em alcalinos e não podem ser considerados, assim, como plantas indicadoras de terrenos ácidos ou úmidos, como é muito comum. O que todos têm em comum, porém, é:

1 — Solos com uma camada sôbre maneira endurecida na superfície ou logo abaixo dela.
2 — Solos isentos de microfauna e pobres em microflora.
3 — Acumulação de humo ácido e pobre na superfície.

O melhoramento de pastos infestados por estas plantas requer:

a — drenar o terreno, se êste fôr úmido,

b — freqüentes calagens moderadas (2 vêzes por ano, 500 a 600 kg/ha),

c — uma adubação com estrume ou composto, para reativar a microvida,

d — evitar um pastoreio intensivo,

e — ceifar, ao menos duas vêzes por ano, com segadeira,

f — evitar a aração, gradeação ou qualquer outra medida que possa ferir a superfície, (KLAPP),

g — adubação moderada com fosfatos (300 kg/ha de superfosfato), potássio (90 kg/ha de KCl), cobre (5 kg/ha de $CuSO_4$), e molibdênio (0,8 a 1,2 kg/ha de molibdato de amônio).

Tôdas as *Compositaes,* como Maria mole *(Senecio)*, alecrim do campo *(Vernonia)*, carqueja *(Baccharis)* são próprias de solos não muito duros, temporàriamente úmidos, e muito pobres, especialmente em potássio.

Os métodos mais adequados para a sua eliminação são:

1 — drenagem do terreno,
2 — uma ceifa no estado juvenil, isto é, no início da florescência,
3 — uma adubação potássica.

A barba-de-bode *(Aristida pallens)*, é o representante típico de pastos muito judiados, indicando sempre um uso predatório. Cresce em solos freqüentemente queimados, muito duros e secos. Sem adubação orgânica não há re-

cuperação dêstes solos. Êles respondem tanto a uma adubação de estrume de curral como a uma adubação verde.

Em nosso meio, a última deve ser a única viável, porque não há estrume em tais quantidades. A aração do campo com, ao menos, uma adubação verde e duas calagens moderadas (600 kg/ha), seguidas pelo plantio de milho junto com capim forrageiras, é o meio indicado de recuperar êstes pastos. Em sítios com produção grande de estrume de curral, uma adubação com 25 to/ha de estêrco, uma calagem (800 kg/ha) e o descanso completo do campo por um ano, podem, também, eliminar a barba-de-bode. (AICHINGER).

Deve-se ter o cuidado de não sobrepastar o campo, de nôvo, e, especialmente, de evitar rigorosamente as queimadas.

INFLUÊNCIAS DIRETAS SÔBRE OS MICRORGANISMOS

1) fìsicamente,
2) quìmicamente,
3) biològicamente.

MÉTODOS FÍSICOS

A queimada e seus efeitos sôbre o solo:

Esta prática, já encontrava referência na época dos Vedas, 2000 anos antes de Cristo. Denominaram-na «rab». Já VERGÍLIO, no Império Romano, advertiu que os benefícios de tal prática são poucos, quando se queimam sòmente os restolhos. Quando se faz uma roça com esta prática, não há mais benefícios, mas sòmente danos consideráveis à estrutura da terra.

A ação benéfica não é tanto pela aniquilação de protozoários e outras células animais e vegetais, que se encontram nas camadas superiores da terra, mas, pela ascensão de umidade que possibilita o plantio, ainda antes de começarem as chuvas. No Egito, esta prática de queimar os restolhos é tão antiga como a história do país, e chama-se «sheraqui». Provocaram com a mesma o deserto do Saara.

Na agricultura subtropical, a prática da queimada tem elevada importância. Secando uma terra, seja pelo sol ou pelo fogo, e reumedecendo-a, provoca-se uma ativação altamente benéfica da decomposição de humo, o que resulta em maior produção de amoníaco e, conseqüentemente, em maior produção de nitratos caso o solo fôr inoculado depois com um pouco de terra viva (BIRCH)

Quanto mais o solo fôr secado antes de ser reumedecido, tanto maior será depois a decomposição de humo — caso existir humo e caso forem acrescentados micróbios posteriormente (RUSSELL). Na prática, para nós, temos o seguinte quadro:

Na agricultura tropical não há humo de reserva em terras de cultura e pastos. Existe, pois, sòmente uma reserva de humo nas camadas mais superficiais dos pastos. A queima permanente dos pastos provoca, porém, a forçada ascensão da umidade de camadas mais profundas. A superfície encrostada

ou pisada não permite a fácil penetração da água pluvial. Provocamos pois, com a queimada, o gradativo secamento da terra, que, depois de dezenas de anos de uso desta prática, não produz mais nada senão barba-de-bode *(Aristida pallens)* numa terra completamente estéril, endurecida. Notamos então, que o efeito benéfico não ocorre, caso faltar a posterior «inoculação» na terra de microrganismos, se esta não fôr arada e se não existir matéria orgânica (RUSSELL).

Esta posterior inoculação, existe na Índia e China, países clássicos desta prática, onde os lavradores, depois de queimar os restolhos, adubam a terra com estrume de curral, cuidadosamente preparado. Onde faltar esta adubação com estrume, assistimos à mais pavorosa devastação das terras pelo fogo. Assim, por exemplo, os nossos Índios, na América Central, devastaram por completo, os seus milharais, pela prática de colhêr-queimar-plantar, (fazendo sòmente um furo na terra mediante uma vara para poder colocar as sementes). Bastaram sete conquistadores para destruir o seu império debilitado (ZISCHKA). O nosso nordeste brasileiro foi também arruinado pela mesma prática.

Reconhecemos duas verdades :

1 — Nem tudo que é costume é bom.

2 — Não se pode introduzir uma prática esquecendo-se a parte mais importante dela.

E esta parte mais importante na queima é, sem dúvida alguma, a posterior adubação com estrume de curral.

No Rio Grande do Sul, a queima dos arrozais é absolutamente benéfica, caso se continue com uma cultura a sêco, bem estrumada, como, por exemplo, de batatinhas, etc. Torna-se, porém, absolutamente maléfica, caso seja feita sem êste posterior cuidado.

Esterilização por vapor :

Nos EUA e Inglaterra usa-se a esterilização do solo pelo vapor, a fim de matar as linhas de micróbios desenvolvidos pela monocultura (DAVIES). Porém, isso é uma concepção errada e danosa, porque não se trata de aniquilar certos microrganismos da terra, mas de equilibrar as condições de vida dêles. Sabemos que, com métodos acertados de cultura, estas variedades microbianas superdesenvolvidas, e já parasitas, voltam, ao seu devido lugar, caso equilibrarmos as condições de vida no solo. Por outro lado, também uma esterilização do solo, permanecendo as condições desfavoráveis, não modifica a microvida (FRANZ).

Vemos claramente o êrro da nossa época em querer «curar», com métodos técnicos, desequilíbrios biológicos por nós provocados.

O cultivo contínuo da mesma cultura — a monocultura — provoca o cansaço do solo para com esta cultura, sòmente devido ao desenvolvimento desmesurado de uma ou duas raças de microrganismos, em detrimento às demais, que, finalmente, atuam como patógenos na própria cultura (BURGES).

Portanto, todos os métodos de esterilização, tanto físicos como químicos nunca trazem a extinção de todos os micro-sêres, podendo-se distinguir difìcilmente entre a destruição total do patógeno e a modificação no equilíbrio ecológico da micropopulação beneficiente.

MÉTODOS QUÍMICOS

Verificou-se que, pela esterilização parcial de terras decadentes, podemos alcançar colheitas melhores; por quê? Porque a microflora unilateralmente desenvolvida, por causa das monoculturas, não é mais benéfica, mas muitas vêzes já parasita. Acredita-se, pois, na agricultura químio-técnica, que êste flagrante desequilíbrio microbiano no solo é sanável pela esterilização, ou seja, pela simples matança dos microrganismos, desproporcionalmente desenvolvidos. Esquece-se, porém, que remove-se temporàriamente o excesso de uma variedade de micróbios, mas não o ambiente que causou o seu desenvolvimento desproporcional, e que o causará sempre, de nôvo. Quer dizer, sempre se desenvolverão êstes micróbios degenerados e muitas vêzes parasitas, porque as condições apropriadas para êste desenvolvimento inatural perduram. (FRANZ).

Assim, a indústria química desenvolveu, na incompreensão dos fatos reais, uma série de bactericidas e fungicidas para a esterilização do solo, como: cloreto de carbono, benzina, formaldeído, alcool, éter, benzol e seus homólogos, fenol, piridina, e ligações metálicas como $CuSO_4$, Na_2S, bicloreto de mercúrio, arsênico, (contra vermes); ácido acético (contra fungos), toluol, dissulfito de carbono, etc. (ZEILINGER).

BLISS constatou que, por exemplo, dissulfito de carbono mata muitos fungos que se desenvolveram em um solo decaído, mas beneficia de tal maneira o *Trichoderma viride* que se torna, por muitos meses, o microrganismo dominante no solo.

MÉTODOS BIOLÓGICOS

A fácil multiplicação dos micróbios na terra tem limites conforme o lugar e as possibilidades que ela oferece. Condições diferentes ocasionam um desenvolvimento diferente. Por outro lado ocorre a repopulação de terras estéreis muito depressa, caso as condições sejam favoráveis. Como, por exemplo, a de pântanos drenados com calagem, cultivados, onde as *Nitrobacter* logo se assentam.

A inoculação da terra tem sòmente êxito, se as condições de vida para essas bactérias são favoráveis. Ela é feita por adubos ricos em microrganismos (estrume) ou pela inoculação de linhas puras.

a) Inoculação por adubos ricos em bactérias

Estrume:

Pela adubação com estrume de curral e compostos, ocorre um natural enriquecimento do solo em bactérias e fungos. Importantes são, aqui especial-

mente, os microrganismos decompositores de celulose, principalmente fungos, porque são geralmente pouco freqüentes no solo. O fim precípuo do estrume é servir como fonte de alimentação para os microrganismos, porém os micróbios termófilos do estrume não se conservam no solo, morrendo logo, como diversas variedades de estreptomicetos, *Pseudonocardia thermophila, Aspergillus fumigatus*, etc. Mas existem também diversas raças de *Clostridium*, ciliados, flagelados, nematóides, rotatórios, minhocas e outros sêres da micro e mesofauna no estrume, que se conservam. (HENSSEN).

Vinhaça :

É também chamada «calda», «vinhoto», «restilo», «garapão» (MALAVOLTA). A vinhaça é um subproduto do álcool ou da aguardente.

É um dos melhores adubos de inoculação microbiana. Contém aproximadamente por litro : 3,7 g de N; 3,10 g de K; e 0,05 g de P (absolutamente pobre). O pH é na média de 4,5 a 5,0 e por isso muito tempo se teimava em aplicar a vinhaça no campo. Verificou-se, porém, que no decorrer de dois a três meses, a elevação do pH, provocada pela vinhaça, correspondia à quantidade aplicada (100 a 1000 ton/ha). Êste aumento de pH ocorre pela incentivação forte da microvida. Também, na Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», apurou-se que a «alcalinização» da terra desenrola-se paralelamente com uma melhora da fofice, aumentando a capacidade retentora do solo no mesmo tempo em que o perigo da erosão diminui. (MALAVOLTA).

Houve um sensível aumento de bases trocáveis, a troca de catíons subiu de 1,6 mili-equivalentes para 12 mili-equivalentes por 100 g de solo.

Todos êstes sintomas milagrosos não são incompreensíveis, porque são efeitos normais da revitalização da vida microbiana, o que é igual à refertilização do solo.

BISHOP constatou, também, o aumento da capacidade de troca (AK) com aumentadas aplicaçõs de estrume, enquanto adubações químicas, mesmo moderadas, diminuiam a mesma.

b) Inoculação com linhas puras

Esta inoculação oferece resultados muito diversos. Muitas vêzes traz um fracasso total, porque é feita sob condições desfavoráveis para os microrganismos, os quais tornando-se parasitas, destroem a cultura.

Tôdas as culturas possuem bactérias em sua rizosfera, embora não simbióticas, específicas a elas (WEST e LOCHHEAD), que CONN chama simplesmente de «agrobacter». Tôdas são gram-negativas, — incluindo, as vêzes, bactérias fluorescentes, — raramente formam esporos, se apresentam também em formas coloridas e são bastante ágeis. (LOCHHEAD).

COOPER, que repetiu todos os trabalhos russos sôbre a inoculação com *Azotobacter* e *Bacillus megatherium*, observou que o benefício não é geral, mas limitado às culturas que necessitam destas bactérias.

As condições exigidas para uma bem sucedida inoculação são:

a) condições biofísicas favoráveis (estrutura do solo e fontes de energia),
b) condições químicas favoráveis (nutrientes adequados),
c) um pH adequado.

Quer dizer, sòmente quando o arejamento está de acôrdo, se existem nutrientes orgânicos e químicos, se o pH é adequado e a relação N : C não ultrapassa 1 : 10, as bactérias serão benéficas. Condições favoráveis à microvida, geralmente dispensam a inoculação. Se uma inoculação se torna necessária, já podemos calcular que as condições não são favoráveis e, portanto, a inoculação também não terá êxito. Sòmente as *Rhizobacter* constituem uma exceção, porque certas linhas só existem junto a certas variedades de leguminosas. E, caso estas forem plantadas pela primeira vez, precisamos recorrer à inoculação das sementes com as respectivas bactérias. Assim, em muitos solos faltam os simbiontes da soja. Porém, depois de alguns anos de plantio consecutivo, os simbiontes aparecem espontâneamente.

BIBLIOGRAFIA

ADAMS,A.P. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 18: 40, 1954.
AICHINGER,E. «Angewandte Pflanzensoziologie», 1951. Wien.
ALLISON,F.E. PINK,L.A. e GLADDY,V.L. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 10: 230, 1946.
AUFHAMMER,G. et al. Z. Acker- und Pflanzenbau 113: 105-116, 1961.
AWDONIN,N.S. e KUAN,Tin-Juj Nach. Landw. Wissensch. 1: 32-35, 1961.
BATES,G.H. J. Ecol. 22: 271, 1934.
BAULE,H. Revista da Potassa 6 Sec. 6: 1-4, 1962.
BEIJERINCK,M.W. «Verzamelte Geschriften», 1921-1946, Delft.
BIRCH,H.F. Plant. and Soil 37: 9, 1958.
BISHOP,L.R. e RUSSELL,E.J. J. Inst. Brew. 39: 287, 1933.
BLISS,D.E. Phytopath 41: 152, 1951.
BOGULAWSKI,E. et al. Z. Acker- und Pflanzenbau 110: 379-392, 1960.
BRENCHLEY,W.E. e WEBER,C.A. «Die Rothamsteder Wiesendüngungsversuche», 1926. Berlin.
BROMFIELD,L. «Malabarfarm», 1948, Washington.
BROWN,J.C. Adv. Agron. 13: 329-369, 1961.
BURGES,A. «Introducción a la Microbiologia del Suelo», 1960, Zaragoza.
COHEN,O.D. e STRICKENIG,E. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 26: 323-325, 1962.
CONN,H.J. e DIMMICK,I.J. Bact. 54: 291, 1947.
COOPER,R. Soils and Fer. 22: 327, 1959.
CZERATZKI,W. Arch. d. DLG. 25: 33-49, 1962.
DAVIES,B.N.K. Nature 189: 367-368, 1961.
DAVIES,J.N. e OWEN,O. J. Sci. Fd. Agric. 2: 268, 1951.
DAVIES,W. Vet. Rec. 64, H. 1, 1952.
DOBEREINER,J. Plant and Soil 15: 211-216, 1961.
DOEKSEN,J. e DRIFT,J. van der «Soil Organisms», 1962.

EDWARDS,C.H. Nature 188: 767, 1960.
EVANS,B. Farm. Weekly 22/III, 1957.
EVANS,L.T. N. Z. J. Sci. Tech. 31 A, Suppl. 42, 1953.
FRANZ H. «Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege», 1950, Berlin.
FREAR,O.E.H. «Tratado de Química Agrícola», 1956, Barcelona.
FRECHMANN,W. «Wiesen und Dauerweiden», 1932, Berlin.
FULLER,W.H. et al. Pan. Amer. Agron. Meting 21, 1963, Denver.
GARDENER,A.L. et al. J. Brit. Grassl. Soc. 9, 1954.
GASSER,J.K.R. Plant. and Soil 17: 209-220, 1962.
GELTSER,F.Y. «The Significance of Microorganisms in the formation of Humus», 1940, Moscou.
GERLACH,W. e PAG,H. Phytop. Ztschr. 42(4): 349-361, 1961.
GERRETSEN,F.C. Plant and Soil, 1: 51, 1948.
GISIN, citado por MÜLLER,G. em Z. Acker- und Pflanzenbau, 93, 1931.
GÖRBING,J. «Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau», 1944, Hannover.
GUILLEMAT,J. e MONTÉGUT,J. Ann. des Epiphyties, 3: 471, 1956.
HANTSCHKE,D. Phytop. Z. 43(2): 113-168, 1961.
HEINONEN,R. J. Sci. Agric. Soc. Finland 33: 267-271, 1961.
HENSSEN,A. Arch. f. Mikrob. Bd. 27: 63-81, 1957.
HILTNER, L. Arb. Deut. Landw. Ges. 98: 59, 1904.
HIRTE,N. Zbl. Bakter. II. 114: 367-387, 1961.
490-519, 1961.
HOWARD,A. Sir «An Agricultural Testament», 1956 (7ª Ed.), London.
KLAPP,E. «Das Dauergrünland», 1935, Stuttgart.
KLAPP,E. «Lehrbuch des Acker und Pflanzenbau», 1958, Berlin.
KLAPP,E. «Wiesen und Weiden», 1956, Berlin.
KLAPP,E. Z. Ern. d. Pflanze. 27, 1931.
KÖNIG,E. Landw. Forschung 14: 216-224, 1961.
LEHMANN,U. «Das Grünland an der Westküste Schleswig Holstein», 1949, Kiel.
LESSARD,J.R. et al. Canad. J. Soil Sci. 43: 178-185, 1963.
LIPMAN,J.G., McLEAN, e LINT,H. Soil Sci. 2: 499-538, 1916.
LOCHHEAD,A.G. Canad. J. Res. 18: 42, 1940.
McCALLAN,S.E. Contribs. Boyce Thomp. Inst. 3: 13-38, 1931.
McCALLAN,S.E. e MILLER,L.P. «Advances in Pest Control Res. Vol. 2: 107-134, 1958.
McNEW,G.L. «Plant Pathology», 1959, Madison.
MALAVOLTA,E. «Manual de Química Agrícola», 1959, São Paulo.
MEYER,L. e SCHAFFER,G. Landw. Forschung 6(2): 81-94, 1954.
MILLER,L.P. et al. Contribs. Boyce Thomp. Inst. 17: 151-171, 1953.
MILTON,W.E. J. Ecol. 28, 1940.
MITCHELL,R. e ALEXANDER,M. Soil Sci. 93: 413-419, 1962.
MÜLLER,E.H. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 103(2): 112-127, 1963.
Ng SIEW KEE e BLOOMFIELG,C. Plant and Soil 16: 108-135, 1962.
NOBRE,O.G. Bol. Est. Exp. Júlio de Castilhos, 1962.
NUSBAUM,C.J. Phytop. Vol. 36(2): 164-167, 1946.

NYS,L. e HANOTIAUX,G. Bull. Ind. Agron. Gemblaux 28: 389-419, 1960.
OHLROGGE,A.J. Plant Food Rev. Wash 1-5, 1962.
OWENS,R.G. et al. Contribs. Boyce Thomp. Inst. 19: 463-482, 1958.
PEARSON,R.W. Soil Sci. 93: 77-82, 1962.
PÉRIGAUD,S. Compt. Rend. Acad. Agric. France, 48: 189-194, 1962.
PERSIN,S.A. Pochvovedenie 9: 91-99, Moscou, 1961.
POLLACCI,E. Gaz. Chim. Ital. 5: 451-460, 1875.
POSCHENRIEDER,H. e LEUTHOLD,R. Bayer. Landw. Jb. 39: 237-243, 1962.
PRIMAVESI,A. «Cultura da Cana-de-Açúcar», 1954, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «Nutrição Racional da Lavoura», 1956, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «Erosão», 1952, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «Diagnóstico Bio-Físico da Terra», 1962, Santa Maria.
PRIMAVESI,A. et al. Soil Sci. Soc. Proc. Amer. 28(4), 1964.
PRIMAVESI,A. et al. «Schnelltest zum Erkennen der Kulturfähigkeit und Düngerbereitschaft eines Ackerbodens», 1964, Bucarest.
RIEHM,E. Parasitenk. Abt. II 40: 424, 1924.
ROBINSON,G.W. «Soils, their Origins, Constituition and Classification», 1938, London.
ROUTSCHENKO,W. Compt. Rend. Acad. Agric. France, 48: 371-376, 1962.
RÜBENSAM,E. e STEINBRENNER,R. A. Thaer Archiv. 5: 266-281, 1961.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 9ª Ed., 1961, London.
SALTER,P.J. e HAWORTH,F. J. Soil Sci. 12: 326-334, 1961.
335-342, 1961.
SCHAFFER,G. Z. Acker- und Pflanzenbau 113(4): 325-337, 1961.
SCHAFFER,G. Landw. Forschung 7(1): 12-16, 1954.
SCHEFFER,F. «Der Stickstoff», 1961, Oldenburg.
SCHÖNBECK,H. Gartenbauwiss. 26: 261-288, 1961.
SEKERA,F. Z. Pflanzenern. 6: 259, 288, 1938.
SEKERA,F. «Der gesunde und der kranke Boden», 1943, Berlin.
SIEGEL,S.M. et al. Physiol. Plant 15: 304-314, 1962.
437-444, 1962.
STEVENS,R. et al. Nature 191: 360-361, 1961.
TIEMANN,A. Wiss. Auch. f. Ldw. 9: 119, 1937.
TURELLE,J.W. et al. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 25: 487-490, 1961.
VEDOS, citado por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», pg. 222.
VERGILIO, citado por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», pg. 222.
VERSHININ,P.V. Pedology: 1278, 1938.
VETTER,H. Z. Acker- und Pflanzenbau 113: 413-424, 1961.
VIETS,F.G. Z. Adv. Agron. 14: 223-264, 1962.
VOGLU,K.G. et al. J. Gen. Physiol. 5: 285-319, 1923.
VOISIN,A. «Journal de Voyage aux USA de la Mission «Production Fourragère», 1952, Paris.
VRIES,J. de e WEBER,L.R. Canad J. Soil Sci. 42: 13-16, 1962.
WAKSMAN,S.A. e JOFFE,J.S. J. Biol. Chem. 50: 35-45, 1922.
WAKSMAN,S.A. e STARKEY,R.L. J. Gen. Physiol. 5: 285-319, 1923.

WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WEST,P.M. e LOCHHEAD,A.G. Canad. J. Res. 18: 129, 1940.
WILJAMS,W.R. «Der Ackerbau mit den Grundlagen der Bodenkunde», 1949, Moscou.
WILKE,D. Z. Acker- und Pflanzenbau 118(1): 1-44, 1963.
WINOGRADSKY,S.N. Ann. Inst. Pasteur 4: 257, 1890.
WINOGRADSKY,S.N. citado por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», pg. 151.
ZEILINGER,A. «Landwirtschaftliche Mikrobiologie», 1959, Wien.
ZISCHKA,A. «Brot», 1936, Berlin.

164

CAPÍTULO VII

OS PATÓGENOS NO SOLO

A CONTAGEM DOS GERMES 167
ENDÓGENAS OU BACTÉRIAS OBRIGATÓRIAS 168
ECTÓGENAS OU BACTÉRIAS FACULTATIVAS 170
PATÓGENOS E SEUS ANTAGONISTAS NO SOLO 170
PATÓGENOS VEGETAIS 171
PATÓGENOS VEGETAIS E O SEU COMBATE 175
MÉTODOS EFICAZES DE CONTRÔLE DOS PARASITAS 177
DEFICIÊNCIAS MINERAIS E A SUSCETILIDADE VEGETAL .. 179
BIBLIOGRAFIA 180

166

O grande Pasteur disse no leito de morte : «Claude Bernard tinha razão: O micróbio nada significa, o ambiente é tudo».

A CONTAGEM DOS GERMES:

Os órgãos das plantas e animais estão livres de microrganismos. Uma exceção é o intestino. Com o alimento chegam aí, também os micróbios, onde vivem como flora intestinal, sendo ativos através de suas enzimas.

Logo depois do nascimento de um animal, já encontramos no seu intestino bactérias e protozoários. A microflora do intestino depende, essencialmente, da microflora da forragem, que é muito variada.

Nas fezes humanas encontramos entre 3 a 70 milhões de germes por grama.

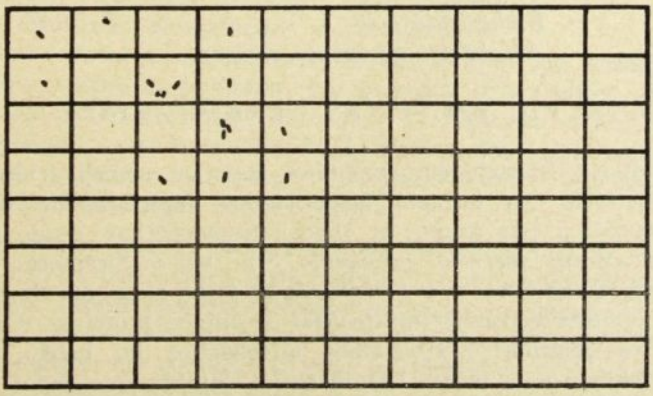
Êstes germes são contados:

a) diretamente, mediante o microscópio,

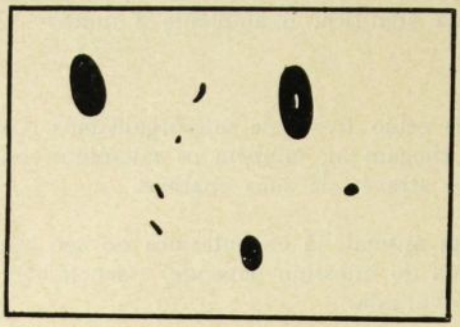
b) indiretamente, em cultura «in vitro».

A contagem direta se faz, aplicando numa lâmina um líquido rico em germes. Fixam-se, tingem-se e contam-se as bactérias. Distinguimos a contagem em colônias, em quadrinhos ou em listas. O resultado da contagem individual ou em colônias é multiplicado por um fator, resultando o número em um grama. Para reduzir as fontes de êrro, é interessante fazer maior número de contagens.

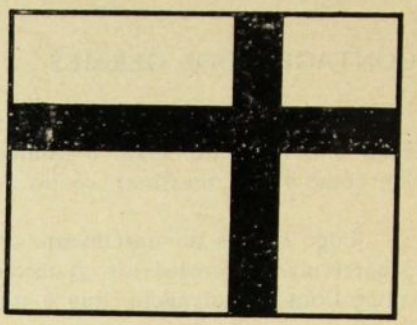
CONTAGEM INDIVIDUAL



CONTAGEM EM COLÔNIAS



CONTAGEM EM LISTAS



Na contagem em listas, computam-se sòmente os micróbios que se encontram dentro de determinada lista ou, geralmente, os micróbios existentes em listas perpendiculares.

O método de cultura é, ainda, mais certo, porque não conta os micróbios mortos. Mas nem todos os germes vivos formam colônias. O prazo e a temperatura de incubação são iguais para tôdas as colônias de uma placa. Todos os métodos de contagem fornecem, sòmente, resultados relativos.

Podemos distinguir duas variedades de micróbios no intestino :

1 — os endógenos e permanentes ou obrigatórios,
2 — os ectógenos ou facultativos, que dependem da microflora da alimentação (ZEILINGER).

A freqüência dos micróbios :

Nos endógenos encontramos, tanto no homem como no animal :

Escherichia coli
Aerobacter aerogenes cloacae.

1 — ENDÓGENAS OU BACTÉRIAS OBRIGATÓRIAS

a) acidófilas : existem em ambientes mais ou menos ácidos. Incluímos as bactérias que formam ácido láctico, especialmente *Streptococcus*. Pertencem a êsse grupo, os «Fecal-streptococcus», sendo no homem o *Streptococcus faecalis*, no cavalo e no boi o *Streptococcus equinus* e *Streptococcus bovis* e o *Streptococcus inulinacius* que fermenta a inulina. O *Streptococcus liquifaciens* decompõe proteínas e pode liquidificar a gelatina. Encontramos lactobacilos no bebê : *Lactobacillus acidophilus* mais tarde *Lactobacillus bifidus*, que depois de um ano toma forma de Y; nos bezerros encontramos *Lactobacillus helveticus*, na ovelha : *Lactobacillus bulgaricus*.

São de grande importância no lacticínio. O primeiro provoca a fermentação do queijo suíço e é juntado ao leite como fermento; o segundo provoca a fermentação de «yougurt».

Encontramos os lactobacilos especialmente em pastos muito pisados, porém, com bastante matéria orgânica.

b) alcalófilas : (bactérias facultativas pH 7,3).

As bactérias do intestino que preferem uma reação alcalina, são aeróbias. Pertencem ao grupo *Proteus*, ao *Bac. subtilis* e ao *Bac. mesentericus*.

Tôdas estas variedades são bactérias de putrefação e depende de quais delas existam na forragem, para podermos dizer, quais as que encontraremos no intestino.

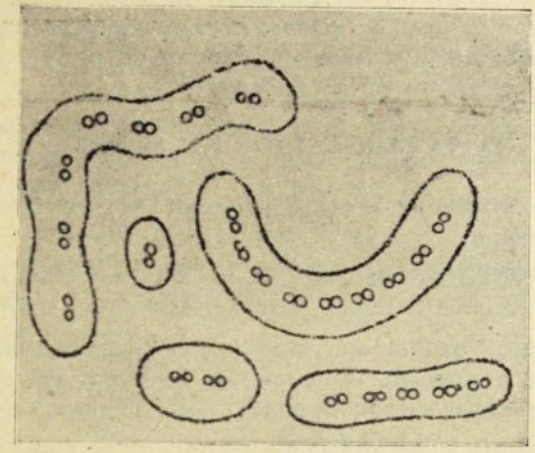


Fig. 56 — *Streptococcus mesenterioides*

O gado e as aves têm muitas vêzes êstes bacilos no intestino, especialmente se comem um pouco de terra junto com a forragem. Os animais carnívoros possuem, especialmente, bactérias do grupo *Proteus* (bactérias obrigatórias) e *Pseudomonas*.

c) Raramente encontramos bactérias endógenas que são anaeróbias, como as que compõem proteínas, por exemplo, *Clostridium butylicum, Cl. lentoputrescens (Putrificus coli), Cl. lentoputrescens verucosus* (esporogênios), que é semelhante a *Escherichia coli*. As vêzes, encontramos também o patógeno *Clostridium tetani* (especialmente no estrume do cavalo), que causa o tétano.

Sabemos que os bacilos passam perfeitamente no estômago e não são mortos pela acidez, apesar dêste possuir só um pH de 1 a 1,5.

Nos ruminantes encontramos na pança o «laboratório de fermentação». Nos outros animais, como porco, cavalo, etc., esta tarefa de fermentação de celulose é feita no apêndice e intestino grosso. Atuam aqui, especialmente bactérias anaeróbias e muitos estreptococos (ZEILINGER).

Aos ruminantes e também aos outros animais falta uma enzima que dissolve a celulòse. Por isso os animais podem aproveitar sòmente os produtos que as bactérias lhes fornecem.

2 — ECTÓGENAS OU BACTÉRIAS FACULTATIVAS

Encontramos nos ruminantes muitos fungos e actinomicetos. As leveduras são dissolvidas no intestino e não podem ser mais encontradas nos excrementos.

Caso faltem as *Lactobacter*, encontramos uma decomposição muito violenta de proteína. Conhecemo-la como «podridão intestinal». Êste mal pode ser corrigido mediante mudança de alimentação e dieta adequada. As *Pseudomonas* são potentes na decomposição de graxas. Porém, no corpo animal a decomposição de graxas é feita principalmente por lipases do próprio corpo, que atuam muito mais rápido que as lipases microbianas.

PATÓGENOS E SEUS ANTAGONISTAS NO SOLO

Antes de entrarmos na adubação do solo com estrume e fezes, convém esclarecer um ponto :

Muitos bacteriologistas se perguntam o que acontece com todos os germes de tifo, cólera, disenteria, peste, varíola e das outras epidemias.

A maioria das bactérias que causam epidemias não são capazes de sobreviverem por muito tempo no solo. Mesmo os bacilos do tifo, e que infetam a água, desaparecem espontâneamente, mais cedo ou mais tarde.

O desaparecimento dos patógenos no solo e na água atribui-se :

a) ao ambiente desfavorável para a reprodução;
b) a falta de alimentos adequados;
c) a destruição por protozoários, bactérias saprófitas e fungos.

JORDAN descobriu que a *Eberthella typhosa* sobrevive em água esterilizada 25 dias e em água comum sòmente 4 a 7 dias. Provou-se que a sobrevivência dêsses bacilos é o inverso da contaminação da água. Quanto mais pura fôr a água, tanto maior a sobrevivência, e quanto maior o número de bactérias, tanto menor a sobrevivência da *Eberthella typhosa*. Assim, por exemplo, a *Pseudomonas aeruginosa* é um bacteriófago poderoso e, caso exista n'água, não haverá outra bactéria. Inoculando com patógenos, a água onde existam *Pseudomonas*, não se encontrará mais nenhum traço de qualquer outra bactéria, depois de 13 dias de incubação. — Especialmente a água marítima, possui agentes poderosos que provocam a morte rápida de todos os patógenos. (GLATHE).

O *Mycobacterium tuberculosis* é encontrado vivo no solo, sòmente durante 178 dias. Depois desaparece (WAKSMAN).

O bacilo da febre aftosa sobrevive em terra estéril durante 72 dias, em terras vivas sòmente por 20 dias. GLATHE prova, em ensaio feito com três

tipos de solos, que os patógenos *Salmonella enteriditis* e *Salmonella cairo* sobrevivem tanto mais tempo nos mesmos, quanto mais inativas forem as suas microvidas e quanto mais débeis os seus complexos coloidais. Os podsóis foram os solos que mais tempo as conservaram. No entanto, depois de quinze dias, êstes patógenos já não mais viviam em nenhum dêstes solos. Por outro lado encontramos sempre no solo *Clostridium tetani*. Todos os bacilos que causam febre nas feridas, (grangrena gasosa), são da família dos *Clostridium* e encontram-se no solo. Em terras ácidas o perigo é menor do que nas alcalinas. Em terras insoladas, a sobrevivência de patógenos é curta.

PATÓGENOS VEGETAIS

Antes de tratarmos dos patógenos convém lembrar alguns pontos decisivos:

1 — Que a resistência das plantas contra patógenos é hereditária, porém prejudica, muitas vêzes, outras qualidades importantes e desejadas (BRAUN).

2 — Que sempre há uma especialização dos parasitas, formando novas raças, não havendo culturas que resistam por muitos anos. (GLATHE, WAKSMAN).

3 — Que métodos de higiene vegetal — como rotação, culturas intercaladas, sementes sadias, época e profundidade certas de plantio, etc. — e de higiene do solo — como restabelecimento da estrutura fôfa, adubação química adequada, adubação orgânica, etc. (WAKSMAN), — são medidas decisivas no combate às pragas e doenças (BRAUN).

4 — A adubação acertada aumenta a resistência das plantas (BRAUN).

Foi PRIMAVESI (1956) quem encontrou a regra que não há doença vegetal sem prévia e determinada deficiência mineral. Deve-se supor que a resistência da planta tem de estar diminuida a fim de que haja um ataque microrgânico ou animal. Muitas doenças vegetais, que antigamente se atribuia aos virus, foram reconhecidas como simples carências minerais (HAMBIDGE, WALLACE, BUSSLER, PRIMAVESI, MALAVOLTA, CLAUS).

Os fungos compõem o grupo mais amplo de patógenos. Em tôdas as famílias de mixomicetos, ficomicetos, ascomicetos, basidiomicetos (carvão de trigo) e especialmente entre os *Fungi imperfecti* encontramos patógenos vegetais (GÄUMANN). Podem causar doenças tanto em vegetais, como em animais (por exemplo, os actinomicetos).

Encontramos *Fusarium radicicola* e *Rhizoctonia solani*, parasitas da batatinha, em terras que desconhecem plantações de batata inglêsa. Estabeleceu-se, então, que as terras onde foram plantados cereais, trifólio ou outras leguminosas apresentavam menos parasitas de batatinhas do que as terras virgens.

Todos os patógenos vegetais, como, por exemplo, a *Phytophtora*, a *Gibberella*, etc. podem viver por muito tempo no solo, ou sempre existir. Dependendo da ambientação, aumentam perigosamente ou não. Ainda depende, antes de tudo, da alimentação da própria planta, se esta é atacada.

Acumulam-se hoje, os trabalhos realizados neste sentido e KOSSWIG, mostra que o mesmo patógeno não produz o mesmo efeito em pepinos *(Cucumis sativus L)* da mesma variedade em diferentes canteiros, o que se deve a diferente nutrição vegetal.

Isso vem provar que a doença vegetal depende, essencialmente, da nutrição da planta.

Sabemos perfeitamente que os fungos patógenos, como a *Gibberella fujikuroi, Fusarium oxysporum, Fus. lycopersici, Fus. heterosporum*, etc. são muito freqüentes, especialmente em solos ácidos. Porém, nenhum dêstes fungos se comporta de maneira parasitária. Ao contrário, verificou-se que em terras onde existe uma rica flora de *Gibberella*, a maturação dos frutos de café (ALVIM, AWDONIN), se dá mais uniformes e os pastos produzem mais massa verde (CORNS, LEBEN). No algodão, milho e outras culturas agrícolas verificou-se apenas um maior crescimento vegetativo com relativa pouca produção de sementes, mas não houve sinal de doença (WALHOOD, CHERRY, COLEMAN).

Segundo STUART e CATHEY, a giberelina não se encontra sòmente em fungos (espécie *Gibberella fujikuroi)*, mas, também, em sementes imaturas de feijão *(Phaseolus vulgaris* e *Phaseolus multiflorus)* e outras plantas.

Cientistas japonêses apuraram que o ácido giberélico é extremamente ativo na divisão celular e provoca em todos os vegetais o prolongamento celular. (HASHIMOTO e YAMAKI).

Sementes germinam prontamente, mesmo sob condições desfavoráveis, se há uma certa concentração de giberelina no solo (IKUMA, KAHN) e mesmo cereais de inverno chegam a florescer sem vernalização em presença de suficiente ácido giberélico (HIGHKIN e KOLLER).

Mas, se em terra ácida, rica em matéria orgânica e de fácil decomposição, uma chuva quente provoca uma decomposição «explosiva» desta matéria, o equilíbrio N : Cu se transfere repentinamente em nítido favor do nitrogênio, o que significa uma deficiência relativa de cobre. A planta agora carente dêste metal, mas abundantemente provida de nitrogênio, ostenta um crescimento rápido, de tecido mole e pouco resistente.

Agora muda a situação. Os *Fusarium* e a *Gibberella*, até agora inofensivos, tornam-se parasitas. Entram pelas feridas radiculares, causadas pela carência e provocam o colapso rápido da planta, que morre do ápice para baixo. (GARRETT).

Mas ao lado dos possíveis parasitas, existem várias bactérias, actinomicetos e fungos capazes de impedir o desenvolvimento dos fusários, possìvelmente patogênicos; elas até os destroem. Algumas bactérias antagônicas têm a propriedade de dissolver as paredes celulares dos fungos.

CHUDIAKOW constatou duas bactérias, entre tôdas, capazes de dissolver fusários. Porém, não foram encontradas em solos «cansados», por exemplo, de linho ou aveia.

Segundo REYNOLDS e TIMONIN, a *Trichoderma viride* é um excelente protetor de raízes contra patógenos, como também várias espécies de *Streptomyces* (REHM).

Em terras onde existe a «sarna» ou o «câncer» das batatinhas, desenvolvem-se bactérias fungófagas, da família dos actinomicetos, acabando com os patógenos *Streptomyces scabies* (causador da sarna) e *Synchytrium endobioticum* (causador do câncer) (ZEILINGER).

A *Pseudomonas citri*, causador do câncer cítrico, também é controlado por bactérias, geralmente comuns em terras sadias (HOWARD).

Fig. 57 — *Pseudomonas*, em solo decaído, em plena «lisis», por causa de um ataque de fagos (aumento 10.000 vêzes).

Fig. 58 — *Pseudomonas*, parasitadas por outra bactéria (aumento 10.000 vêzes).

Porém, não sòmente sêres da microflora controlam os fungos. Êstes são limitados, especialmente, pela micro e mesofauna, como minhocas, nematóides, colembolos e diplópodes, que vivem dos seus micélios (SCHUSTER, FORSSLUND).

São cada vez mais freqüentes, no entanto, os autores que culpam as deficiências minerais por possibilitar os ataques de fungos e microrganismos. Assim, por exemplo, as *Pseudomonas*, também chamadas *Phytomonas* (HANTSCHKE), que atacam o fumo, o feijão, a macieira, etc., estão ligadas a deficiências minerais, como no «Wild fire desease» do fumo, possibilitado pela deficiência de potássio (BORTELS, WILLFARTH, McMURTREY). GERLACH descreve a traqueomicose de diversas plantas, aparentemente provocada por fusários, como a *Rhizoctonia solani*, coincidindo com os sintomas das «veias marrons» da deficiência de cálcio, descritos por BUSSLER.

A infecção de vegetais pela microflora e fauna não ocorre :

1 — Se a terra fôr fértil, quer dizer, se existir um perfeito equilíbrio microbiano (GLATHE).

2 — Quando o pH fôr entre 6 a 7, ou o abastecimento em cálcio fôr suficiente (BUSSLER).

3 — Quando a nutrição vegetal fôr equilibrada e garantida (BRAUN e VOISIN).

Um aumento desproporcional de uma raça de micróbios indica sempre um sério desequilíbrio no solo (FRANZ).

BRAUN e SCHWINN constataram que, por exemplo, a *Phytophtora cactorum*, um parasita perigoso em pomares, especialmente em macieiras, possui uma fase saprófita no solo, durante a qual aumenta consideràvelmente, se o solo fôr duro e inerte, mas, é rigorosamente limitada pela biocenose, principalmente pela microfauna, se o solo fôr fôfo e floculado (BRAUN e NIENHAUS).

PATÓGENOS VEGETAIS E O SEU COMBATE

Nos últimos 80 anos a ciência agrícola se ocupou sempre mais com os problemas da Fitopatologia. As doenças vegetais aumentam de forma assustadora e não existe meio de combatê-las, eficazmente. Muitas doenças, por exemplo, a ferrugem do trigo, ou a «fitoftora» da batatinha, são pràticamente incombatíveis. Fungos atacam, mas fungicidas não os combatem! Chegou-se finalmente à conclusão que:

a) Evitando a excessiva acidificação do solo, a vida dos fungos patogênicos é bastante dificultada (RUSSELL).

b) Restringindo a alimentação dos fungos, especialmente no que diz respeito ao nitrogênio, controla-se muito o seu desenvolvimento. Assim, por exemplo, usa-se a prática de «undersow» quer dizer, plantar em baixo do cereal uma leguminosa, como alfafa *(Medicago sativa)* que, depois da colheita do trigo, começa a desenvolver, nunca deixando sobrar nitrogênio algum no solo. Assim, evita-se um ataque fungiana à cultura seguinte. Depois, incorporada esta leguminosa, como adubação verde, ela liberta o seu nitrogênio para ser usado pelo cereal (GARRETT).

c) Em terras irrigadas o contrôle dos fungos patógenos se faz através de um ano de cultura sêca com adubação orgânica liberal, que incentiva altamente a vida bacteriana, controlando os fungos (FAWCETT).

d) Restabelecendo a estrutura fôfa da terra, que garante a alimentação suficiente e contínua das plantas. Sabe-se que a planta sadia e bem nutrida NUNCA é atacada por patógenos (BRAUN, PRIMAVESI, HOWARD).

É importante têrmos sempre em mente que o aparecimento de doenças vegetais é um sinal típico do abalado equilíbrio do solo. A terra fica «doente» com uma estrutura decaída; a erosão e lixiviação tomam vulto e a sobrevivência vegetal fica sèriamente comprometida. (BRAUN, GARRETT).

Assim, AUFHAMMER prova que aumenta a perfilhação do trigo adubado com nitrato de amônio ou nitrocálcio, mas aumenta também o ataque de *Cercosporella herpotrichoides*. Deve-se tomar isso como sinal de desequilíbrio entre N : Cu, que podia ser evitado pela simultânea adubação com sulfato de cobre.

Doença vegetal nada mais é que o início da seleção natural, que procura eliminar tôdas as plantas inadequadas para as difíceis condições de vida, ora reinantes. É, pois, absolutamente errado insistir na manutenção de plantas inadequadas para as condições do solo, tolerando a decadência avançada do mesmo. Devemos, ao contrário, insistir na remoção destas condições prejudiciais do solo, que tornará automàticamente, de nôvo, os vegetais adequados para a terra em questão. «Doenças vegetais» são, pois, sòmente a demonstração viva da decadência do solo ou de condições ecológicas inadequadas (FRANZ, MEYER).

Grande número de fungicidas foi desenvolvido para o combate dos fungos patógenos dos vegetais:

A calda bordalêsa (sulfato de cobre + cal), é largamente empregada, especialmente contra o míldio das perreiras, *Phytophtora* das batatinhas, diversas podridões da macieira *(Glomerella cingulata, Physalospora cydoniae, Erwina amylovora)*, a «Sigatoka» *(Cercospora musae)* da bananeira, etc. (McNEW).

Enxôfre em flor (McCALLAN) ou H_2S (POLLACCI, MILLER) contra *Botrytis* e outros. Compostos de mercúrio (RIEHM) como «Upsulum», preparados de clorina e de zinco, benzoquinonas (OWENS), DDT e Rodiatox, e muitos outros foram desenvolvidos contra fungos e insetos. Mas mesmo assim, segundo, McNEW, perdem os lavradores dos EUA ainda 7% de suas safras pela ação dos fungos, o que equivale a 3 bilhões de dólares por ano e McCALLAN e MILLER dizem que, apesar de tudo, faltam fungicidas efetivos, não podendo os fungos serem controlados.

Por quê? Porque não se controla um desequilíbrio estrutural do solo, e ecológico da microflora e da vegetação com um simples fungicida. Êste só pode ajudar a controlar as doenças até que sejam debeladas por métodos com influência ecológica. O contrôle duradouro é no solo, e não se faz atravéz de fungicida.

Os inseticidas que contém cloro provocam, segundo PERSIN, depressões nas colheitas, especialmente em solos leves e pobres, sobretudo em épocas sêcas. Provàvelmente, isso depende, parcialmente, da inibição da absorção fosfórica (OHLROGGE). DAVIES é da opinião de que os inseticidas prejudicam sèriamente a microfauna que, depois de um único uso, pode-se recuperar após alguns mêses, porém, fica exterminada pelo uso contínuo. Isso acarreta a falta de mistura do humo com o solo e portanto, uma radical diminuição da microflora que também se acha prejudicada pelo inseticida. EDWARDS mostra que o DDT, por exemplo, reduz os ácaros e larvas de dípteros e coleópteros, mas aumenta os colembolos. Isso pode constituir, no momento, um efeito desejado, mas é, durante mais tempo, bastante perigoso porque beneficia alguns micro-sêres, em detrimento de outros, o que sempre provoca o parasitismo dos beneficiados ou de seus fagos (FRANZ, BRAUN).

MITCHELL, ADAMS e THOM constataram que a aspersão freqüente de inseticidas e fungicidas, nas culturas agrícolas, provoca uma microflora apta a destruir ràpidamente estas substâncias tóxicas. AUDUS provou que a *Bac. globiforme* decompõe em duas semanas 2,4-D (ácido 2,4 dinitrofenoxiacético), mas o M.C.P.A. sòmente em 60 dias, enquanto o 2,4,5-T, usado para a

destruição de ervas daninhas em bosques, permanece um ano no solo. Estes tóxicos provocam sempre um aumento radical de uma raça microbiana, ativa na sua decomposição, enquanto as outras diminuem e até desaparecem (MITCHELL). O resultado é, pois, sempre um sério desequilíbrio da microflora e fauna, com consideráveis prejuízos à estrutura do solo. As primeiras a serem prejudicadas pelos tóxicos, como o 2,4-D, são as bactérias nitrificantes e os *Rhizobium*.

Deve-se considerar, portanto, cada inseticida ou fungicida empregado na lavoura, como prejudicial à fofice do solo e conseqüentemente à sua fertilidade, interferindo desfavoràvelmente na manutenção de uma agricultura sadia, próspera e produtiva.

A maior fertilidade dos solos logo após a sua esterilização não se deve a matança dos protozoários e a melhor multiplicação de bactérias, mas, segundo BURGES, tão simplesmente pelas maiores quantidades de nitrogênio liberado do plasma dos microrganismos mortos como pelas alterações físicas do solo, resultantes de uma explosiva multiplicação de algumas poucas raças de micróbios, que ocorre poucas semanas depois da esterilização. Esta população, por ser pouco variada, não contribue em nada para a fertilidade contínua do solo, nem para a saúde vegetal.

WARCUP constatou 140 espécies de fungos num solo comum, vivendo êles em perfeito equilíbrio. Sete semanas após a esterilização, a população fungiana tinha atingida a mesma densidade, porém, agora, sòmente com uma única variedade de fungo, da espécie de *Mortierella* e um micófago, parasitando suas hifas *(Syncephalis)*.

MARTIN, trabalhando com diversos esterilizantes, como formol, constatou, nove meses após, o dôbro de microrganismos nas parcelas esterilizadas, porém predominando aqui os fungos em poucas espécies, especialmente *Trichoderma* e *Penicillium*, geralmente conhecidos como decompositores de celulose. O mesmo resultado obteve MARTIN com fumigantes do solo, como D-D (dicloropropano + dicloropropileno), e H.C.H. (hexaclorociclohexano), etc.

FEHRMANN verificou que os fungicidas comerciais, empregados contra a *Phytophtora infestans* das batatinhas, provocaram quatro vêzes mais tubérculos apodrecidos nas culturas pulverizadas, que em culturas não tratadas.

MÉTODOS EFICAZES DE CONTRÔLE DOS PARASITAS

a) Recuperação do solo pela revitalização da microvida,

1 — aração acertada (na profundidade exata),
2 — uso de adubos orgânicos, especialmente de estrume de curral bem curtido,
3 — calagem moderada,
4 — adubos inorgânicos, abastecendo o solo em TODOS os minerais carentes, considerando ao menos os 14 elementos essenciais, até agora reconhecidos,
5 — evitar culturas «a limpo», operando com culturas intercaladas e mistas.

b) Rotação de culturas, com aproveitamento das relações sociológicas.

c) Criação de variedades próprias para o lugar (solo, clima, topografia, etc.).

Todos êstes métodos de controlar patógenos vegetais são simplesmente métodos que visam, também, a conservação da fertilidade do solo.

HOWARD, o homem que salvou as terras indianas, disse: «Onde há humo não há doença vegetal, nem pragas fatais».

E como o humo é sòmente a melhor garantia duma microvida polífita, duma estrutura sadia do solo e duma alimentação contínua dos vegetais, é óbvio que a saúde do solo é a melhor proteção contra as doenças das nossas culturas.

A saúde vegetal garante-se por uma alimentação equilibrada e suficiente. Necessita-se, portanto:

1 — um solo fôfo, com ao menos 3% de matéria orgânica e um pH maior que 5,5 e menor que 7,0;

2 — suficientes nutrientes vegetais, que devem ser aplicados pela adubação comercial.

Todo exagêro é danoso. Assim, aplicações de 5 a 10 ton. de calcáreo por ha, 1500 a 3000 kg/ha de superfosfato, 600 kg/ha de cloreto de potássio, etc. são exageros que nasceram de um mal entendido de fatos reais. É interessante saber que um solo não necessita disto para produzir, porque:

a — tais quantidades serão sempre anti-econômicas;
b — sempre acarretam um sério desequilíbrio entre os demais nutrientes;
c — acusam um elevado grau de decadência do solo. Se um solo é sòmente pobre em nutrientes, aplicações pequenas darão o efeito desejado. Porém, se êle é biològicamente «doente», nem adubações elevadas proporcionarão safras boas, e nunca estas culturas serão sadias, exigindo várias pulverizações de inseticidas e fungicidas. Dessa maneira, a produção agrícola se torna cada vez mais cara, mais difícil e mais incerta.

PETERSON e PURVIS provam que, em muitos casos de deficiência aguda de um nutriente, esta não aparece na primeira geração, mas sim na segunda. Isso demonstra claramente a importância da criação de sementes em solos bons e sadios com adequado teor em nutrientes, porque sementes pobres dão origem a plantas deficientes, que são — mesmo em solos bons — susceptíveis a doenças durante o seu estado juvenil.

SADOPHAL e DAS constataram no trigo, que NPK aumentam o crescimento vegetativo, enquanto Cu, Zn, Mn, Mg, B reduzem o ciclo vegetativo e aumentam o rendimento e o pêso hectolítrico. Quanto menor o ciclo vegetativo, tanto menor é, também, a possibilidade do ataque por doenças.

ZSOLDAS mostra que a freqüência de brusone no arroz, aumenta com mais nitrogênio e diminui com mais potássio no solo, o que vem provar a nítida dependência, também nesta doença temível do arroz, com um desequilíbrio alimentar. ,

Sabemos, especialmente no arroz, geralmente cultivado em solos gley (KANG e MARKERT), que o pH dessas terras inundadas é mais alto, a saturação em bases é maior, o teor em C, N, e Mn, é alto, enquanto êstes em K, P, Mg, Ca, Cu e Al é menor do que em solos não inundados, o que significa um fácil desequilíbrio alimentar e maior susceptibilidade à doenças.

Também na batatinha, adubações unilaterais de nitrogênio ou potássio, em forma de cloreto de potássio, provocam um aumento perigoso de virus Y (PFEFFER e GOERLITZ). Como se vê, há sempre primeiro um desequilíbrio mineral o que equivale a uma deficiência, porque se há nitrogênio demais, o cobre existente não é suficiente, e se há muito cloro, o fósforo se acha impedido, enquanto o excesso de potássio provoca a deficiência de cálcio.

Por outro lado, BARBIER mostra que uma adubação com matéria orgânica, que anima a microvida, contribui decisivamente para diminuir a incidência do virus Y na batatinha (de 19% a 4%).

BUSSLER prova que o virus Y ataca sòmente plantas deficientes em cálcio, podendo-se evitar o ataque de virus Y com uma conveniente calagem.

TEPE provou que mesmo variedades de parreiras, resistentes a cochinilha, são gravemente atacadas quando faltar potássio e cálcio na sua dieta. Com uma adequada calagem e adubação potássica êle pôde controlar, perfeitamente, o ataque desses insetos.

Se o natural equilíbrio no solo não fôr perturbado, nunca haverá inatural e prejudicial proliferação de fungos danosos.

A forma parasitária dum fungo é nada mais que a adaptação desta raça às novas e adversas condições de vida. Graças ao ciclo vegetativo curtíssimo, esta adaptação ocorre logo, em prejuízo das nossas culturas.

Resumindo, pode-se constatar:

Os patógenos ocasionais, que vivem sempre no solo, como os fusários, rizoctonias, pseudomonas, etc., só atacam as culturas se o equilíbrio ecológico dos microrganismos no solo fôr modificado em seu favor, e se faltar, ainda, certo e determinado nutriente na alimentação vegetal.

Os patógenos obrigatórios, como, por exemplo, *Puccinia graminis tritici, Erysiphaceae,* só atacam o seu hospedeiro quando êste sofre de uma deficiência alimentar, isto é, de uma determinada carência mineral, sendo limitados os ataques estritamente a mesma deficiência.

A ação dos patógenos é, pois, a expressão flagrante de um desequilíbrio ecológico e alimentar, podendo ser a sua atuação evitada, através de métodos agrícolas adequados.

ADAMS,A.P. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 18: 40, 1954.
ALVIM,P.T. Coffee & Tea Ind. Flav. 81(11): 17-25, 1958.
AUDUS,L.J. Plant and Soil 3: 170. 1951.
AUDUS,L.J. «Plant Growth Substances», 1953, London.
AUFHAMMER,G. et. al. Z. Acker u. Pflanzenb. 113: 105-116, 1961.
AWDONIN,N.S. e KUAN,Tin-Juj Nachr. landw. Wiss. 1: 32-36, 1961.
BARBIER,S. et al. Mitt. Österr. Bodenk. Ges. 5: 4-42, 1962.
BORTELS,H. Phytop. Z. 33(4): 403-425, 1958.
BORTELS,H. Arch. f. Mikrob. 25: 226-245, 1956.
BORTELS,H. Arch. Mikrob. 11: 155, 1940.
BRAUN,H. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 101(3): 215, 1963.
BRAUN,H. «Pflanzenschutz» Min. Ern. Landw. Forsten Westph. Mbl. 65: 1-6, 1953.
BRAUN,H. e SCHWINN,F.J. Phytop. Z. 47(4): 327-370, 1963.
BRAUN,H. e NIENHAUS,F. Phytop. Z. 36: 169-208, 1959.
BURGES,A. «Introducción a la Microbiologia del Suelo», 1960, Zaragoza.
BUSSLER,W. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 100: 42-52, 129-142, 1963.
CHERRY,J. et al. Agron. J. 52: 167-170, 1960.
CHUDIAKOW,J.P. Mikrobiologie, 4: 193, 1935.
CLAUS,P. «Düngung u. Pflanzenschutz» BASF, 1960, Ludwigshafen.
COLEMAN,R.E. Sugar. J. 20: 23-26, 1958.
DAVIES,B.N.K. Nature 189: 367-368, 1961.
EDWARDS,C.A. Nature 188: 767, 1960.
FAWCETT,H.S. Hilgardia 10: 1, 1936.
FEHRMANN,H. Phytop. Z. 46(4): 371-408, 1963.
FORSSLUND,K.H. Medd. Skogsförsöksamt 34: 1, 1945.
FRANZ,H. «Bodenzoologie als Grundlage der Bodenpflege», 1950, Berlin.
GARRETT,S.D. «The Biology of Root Infecting Fungi», 1956, Cambridge.
GÄUMANN,E.A. «Die Pilze», 1951, Basel.
GERLACH,M. citado por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», pg. 521, 1961, London.
GLATHE,H. et al. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 100(3): 224-233, 1963.
GLATHE,H., KNOLL,K.H. e MAKAWI,A.A. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 100: 224-229, 1963.
HAMBIDGE,G. (Editor) «Hunger Signs in Crops», 1941, Washington.
HANTSCHKE,D. Phytop. Z. 43: 113-168, 1961/62.
HASHIMOTO,T. e YAMAKI,F. Bot. Mag. Tokyo 72: 178, 1959.
HOWARD,A. Sir «An Agricultural Testament», 1956. London.
IKUMA,H. e THIMANN,K.V. Plant Physiol. 35: 557-566, 1960.
JORDAN,D.C. et al. Canad. J. Bot. 29: 360, 1951.
KAHN,A. Plant Physiol. 35: 333-339, 1960.
KANG,S.H. e MARKERT,S. A. Thaer Arch. 4: 268-292, 405-435, 1960.
KOSSWIG,W. Phytop. Z. 17(4): 410-420, 1951.
LEBEN,C. e KEITH,G.W. citado em «Plant Pathology», University of Wisconsin, 1958, Wisconsin.
McCALLAN,S.E. e MILLER,L.P. Advances Pest Contr. Res. Vol. 2: 107-134, 1958.

Mc.NEW,G.L. «Plant Pathology», 1959 Madison.
McMURTREY,J.E.Jr. J. Amer. Soc. Agron. 21: 142-149, 1929.
MALAVOLTA,E. «Manual de Química Agrícola», 1959, São Paulo.
MARTIN,J.T., BATT,R.F. e BURCHILL,R.T. Nature 180: 796-797, 1957.
MARTIN,J.P. Soil Sci 69: 107, 1950.
MEYER,L. Ber. Landbautech. 4: 3-12, 1948.
MILLER,L.P., McCALLAN,S.E. e WEED,R.M. Contribs. Boyce Thomp. Inst. 17: 151-171, 1953.
MITCHELL,H.L. et al. Black Rock Forest Pap. 10: 1937.
MITCHELL,R.B., ADAMS,J.E. e THOM,C. J. Agr. Research 63: 527-534, 1941.
OHLROGGE,A.J. Plant Food Rev. Wash. : 1-5, 1962.
OWENS,R.G. e NOVOTNY,H.M. Contribs. Boyce Thomp. Inst. 19: 463-482, 1958.
PERSIN,S.A. Pochvovedenie 9: 91-99, 1961.
PETERSON,N.K. e PURVIS,E.R. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 25: 111-117, 1961.
PFEFFER,Ch. e GOERLITZ,H. A. Thaer Arch. 5: 216-235, 1961.
POLLACCI,E. Gaz. Chim. Ital. 5: 451-460, 1875.
PRIMAVESI,A. «Nutrição Racional da Lavoura», 1956, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «O Vírus nas Plantas e o seu Combate», 1953, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «A Erosão e suas Conseqüências para a Humanidade», 1958, São Paulo.
PRIMAVESI,A. «Ernteergebnisse in Beziehung zur Bodenstruktur und Wurzelentwicklung», 1964, Bucarest.
REHM,H.J. Zbl. Bakter. II, 114: 147-155, 345-355, 1961.
REYNOLDS,E.S. Ann. Mo. bot. Gdn. 18: 57, 1931.
RIEHM,E. Zbl. Bakt. Parasitenk. Abt. II 40: 424, 1924.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 9ª Ed., 1961, London.
SADOPHAL,M.N. e DAS,N.B. J. Ind. Soc. Soil Sci. 9: 99-105, 1961.
SCHUSTER, R. Morph u. Ökol. Tiere 45: 1-33, 1956.
STUART,N.W. e CATHEY,H.M. Ann. Rev. Plant Physiol. 12: 369-394, 1961.
TEPE,W. Wein Wissensch. 18: 161-169, 1963.
THOM,C. et al. Trans. 3 ed. Comm. Int. Soil Sci. A 94, 1939.
TIMONIN,M.J. Soil Sci. 52: 395, 1941.
TIMONIN,M.J. Plant and Soil 14: 323-334, 1961.
VOISIN,A. Arb. f. Forschg. Land Nordrhein — Westph. Heft 108, 1962.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WALHOOD,V.T. Proc. Ann. 13th. Cotton Conf. : 27-30, 1958.
WALLACE,T. «The Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants by Visual Symptoms», 1943, London.
WARCUP,J.H. «Plant Pathology», 1959, Madison.
WARCUP,J.H. Trans. Brit. Mycol. Soc. 34: 519, 1951.
WILLFARTH,H. Landw. Vers. Stat. 63: 1, 1905.
ZEILINGER,A. «Landwirtschaftliche Mikrobiologie», 1959, Wien.
ZSOLDAS,F. Plant and Soil 16: 269-283, 1962.

182

CAPÍTULO VIII

A FORMAÇÃO DO ESTRUME

O ESTRUME DE CURRAL 185
O DESENVOLVIMENTO DOS MICRORGANISMOS 186
OS PROCESSOS DA FORMAÇÃO DE ESTRUME 188
A FORMAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS
POR MICRORGANISMOS NO ESTRUME E CHORUME 189
A FORMAÇÃO DE GASES 189
A FERMENTAÇÃO QUENTE DE KRANTZ 190
A TRANSFORMAÇÃO DE NITROGÊNIO NO ESTRUME 191
A NITRIFICAÇÃO NO ESTRUME DEPOSITADO 192
AS PERDAS SUBSTANCIAIS NO ESTRUME DE CURRAL 192
A TRANSFORMAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS MINERAIS NO
ESTRUME 192
BIBLIOGRAFIA 194

184

O estrume consiste:

a) nos resíduos alimentares transformados no intestino animal que são as fezes,
b) na liteira ou cama do animal,
c) na urina, com a qual a cama foi embebida.

A composição do estrume varia muito segundo:

1 — a espécie (vaca, porco, etc.) e a alimentação do animal,
2 — o material e a quantidade usada para a cama (palha, turfa, fôlhas, etc.),
3 — o processo de fermentação (quente, frio).

Segundo WAKSMAN e DIEHM, as fezes de ovelhas são ricas em proteínas e pobres em celulose; as dos cavalos, pobres em proteínas e ricas em celulose e as das vacas estão num meio têrmo destas, enquanto as das aves são as mais ricas em nitrogênio, fósforo e potássio.

O valor do estrume não é sempre igual. Podemos distinguir:

1 — um produto valiosíssimo, que resulta de fezes de gado bem nutrido, tendo como material absorvente palha de cereais, sendo fermentado por um processo «quente», numa esterqueira adequada, onde não há perigo de lixiviação,
2 — um produto, pràticamente, sem valor nenhum, constituído sòmente de lignina e celulose, provindo das fezes do gado, colhidas no campo, ou juntadas em esterqueiras inadequadas e desprotegidas. O valor dêste estêrco não é maior do que casca de arroz ou bagaço de cana.

As fezes, em si, sofrem poucas modificações, caso não forem fermentadas. Já em 1882 reconheceu-se a importância da ação microbiana na formação do estrume.

URINA:

Sai do corpo animal geralmente estéril, porém, logo é infetada e sofre várias alterações, devido ao seu alto teor em substâncias solúveis, que são fàcilmente decompostas em matérias voláteis.

FEZES:

Consistem em quase 50% de microrganismos mortos. Sofrem sòmente lenta transformação.

CAMA OU LITEIRA:

Consta de palha, de serragem, de fôlhas sêcas, de turfa, etc., que contêm uma parte em substâncias de fácil decomposição, como pentozanas, e uma parte de difícil decomposição, como a celulose e a lignina.

Para a rapidez da decomposição o teor em água é decisivo. Na fermentação do estrume são liberadas energias em forma de calor que são tanto mais altas, quanto menos água as fezes contiverem. Fala-se, pois, de estrumes quentes ou frios, porque, na presença de um elevado teor em água, gastam-se muitas calorias para provocar o aquecimento do substrato. (WAKSMAN, RUSSELL, ZEILINGER, KRANTZ, MALAVOLTA).

ESTRUME QUENTE:

É o dos cavalos. É, relativamente, sêco e rico em substâncias de fácil decomposição. O estrume de ovelha é quente, porém, não tão quente como o do cavalo, porque contém a maioria de suas substâncias em estado já decomposto. O uso do estêrco de cavalo como «aquecedor», em canteiros-estufas, é bem comum.

ESTRUME FRIO:

O estrume de vaca tende a ser «frio», mas menos do que o dos porcos, porque contém, ao lado de bastante água, muitas substâncias fàcilmente decomponíveis.

Em muitos sistemas de produção de estrume fermenta-se urina, em separado, para chorume, porque se quer evitar uma fermentação fria do estrume.

O estrume fresco não está em condições de ser aplicado ao solo, porque está ainda sujeito a profundas alterações, nas quais se perde até 1/3 de sua substância.

Segundo DÉHÉRAIN, a função da «cama» (material absorvente) não consiste, sòmente, em confortar os animais, mas em fornecer as celuloses indispensáveis à humificação do estêrco, dando ao estrume o valor especial que possue no melhoramento do solo. Por isso, a composição química da «cama» é de grande importância. Apesar da turfa absorver 4 a 5 vêzes o seu pêso em água, enquanto a palha, sòmente, absorve 2 a 3 vêzes o seu pêso, êste último é muito mais valioso na produção do estrume.

O DESENVOLVIMENTO DOS MICRORGANISMOS:

O número de germes aumenta, ràpidamente, na urina, porém, logo depois da mistura com as fezes e a liteira, baixa radicalmente, porque mudaram as condições de vida. Mas, depois de 24 horas, ocorre um nôvo aumento dos microrganismos, provindo, especialmente, da atividade acelerada dos germes da urina. Com o decorrer do tempo o número dos micróbios diminui sensìvelmente, mas, depois de 14 anos, ainda podem ser encontrados vários milhões em um grama de estrume.

Os microrganismos mais comuns do estrume são:

Bactérias, especialmente bacilos e alguns cocos *(Streptococcus* e *Sarcinas)*, tais como:

Escherichia, Aerobacter, bactérias fluorescentes, *Pseudomonas, Proteus, Bac. subtilis, Bac. mesentericus, Bac. cereus.*

Êstes bacilos esporogênicos provêm da terra e da forragem infetada com terra.

A reação levemente alcalina favorece, também, bactérias esporogênicas anaeróbias, como o *Clostridium lentoputrescens.*

Existe, também, no estrume grande número de fungos termófilos como o *Sporotrichum sp., Aspergillus fumigatus* e *Oospora lactis,* actinomicetos como *Streptomyces, Nocardia, Pseudonocardia thermophila,* etc., diversos protozoários como ciliados e flagelados, e, também, nematóides, rotatórios, oligoquetas, etc (HENSSEN).

A fermentação e maturação do estrume são devidas a agentes microbianos, que induzem tôdas as reações químicas.

Especialmente as oxidações conduzem a considerável diminuição da quantidade de matéria orgânica.

A maioria dos microrganismos são anaeróbios, mas existem, também, alguns aeróbios. As transformações mais profundas sofre a uréia contida nos excrementos sólidos e líquidos, podendo-se perder grande parte do nitrogênio em condições inadequadas.

Misturando-se com o estêrco, gêsso ou superfosfato, na base de 50 kg/ton., as perdas de N são menores (MALAVOLTA), podendo-se reduzí-las a uns poucos porcento, misturando-o com terra no início da fermentação (NEHRING e SCHIEMANN).

Nas estrumeiras, êstes microrganismos são ativos e fermentam excrementos animais transformando-os em estrume. Êste processo chama-se fermentação de estrume ou simplesmente: «estrumação». É muito semelhante aos processos da decomposição no solo. O estrume bem curtido deve ser de côr marron claro, de consistência fôfa e friável, mas nunca rígida ou embolorada.

Normalmente ocorre uma fermentação fria. O estrume «nobre», porém, é o produto duma fermentação quente, onde a vida microbiana é, em grande parte, esterilizada pelas temperaturas elevadas (até 60° C). É, portanto, um produto de processos químicos, físicos e enzimáticos, depois da elevação da temperatura, graças à atividade microbiana (WAKSMAN).

Muitos autores alegam que o estrume não dá melhor efeito que um adubo químico, quando colocadas iguais quantidades de sais minerais.

Entretanto, não se cogita de que a ação benéfica do estrume não é a curto prazo (WAKSMAN), mas muito mais demorada, porque a sua superioridade é no melhoramento da estrutura do solo. Assim, NYS prova que uma adubação comercial, a curto prazo, dá um bom efeito, mas em ensaios de longa duração ela depende da estrutura do solo.

Segundo RÜBENSAM, os microrganismos do solo aumentam com uma adubação comercial, mas encontram o seu máximo numa adubação de estrume, mais uma adubação mineral. VETTER diz que o efeito de uma adubação comercial é tanto maior, quanto mais matéria orgânica contiver o solo.

O estrume possui qualidades que nenhum outro adubo tem (KLAPP); êle dá, ao solo, a base para a adubação comercial e o seu valor não está sòmente no nitrogênio, fósforo e potássio que adiciona ao solo, mas no fato de ser o melhor alimento microbiano. SALTER relata, também, sôbre a maior «capacidade de campo», quando o estrume foi aplicado superficialmente.

Em solos ácidos, o pH tende a subir (PRIMAVESI) adubando com estrume, enquanto em solos alcalinos baixa. Em ensaios feitos durante 20 anos, LÜKEN notou que o estrume aumentava as safras, enquanto a adubação comercial as baixava. Queremos lembrar, mais uma vez, que quando se fala de estrume, refere-se a um produto de fezes, urina, e palha, convenientemente curtido e não simplesmente de excrementos sólidos do gado, colhidos no campo.

Processo de fermentação do estrume:

Num lugar bem sombreado e sêco, de preferência sôbre paus redondos, colocados em cima de uma fossa, reparte-se o espaço em três trechos. No primeiro, coloca-se 40 cm de estrume, de maneira a ficar solto, enchendo-se nos dois dias seguintes os outros quadros. No quarto dia soca-se, cuidadosamente, o estrume do primeiro quadro, colocando de nôvo 40 cm de estrume sôlto. Em cada 80 cm coloca-se uma camada de 10 cm de terra. Prossegue-se, assim, até formar pilhas de 3 a 4 metros de altura. O estrume deve ser protegido contra chuva e sol, e regado, de vez em quando, com água, ou melhor, com o chorume escoado e acumulado na fossa. Depois de 3 a 4 meses teremos um produto marrom, friável, quase inodoro, de ótima qualidade.

OS PROCESSOS DA FORMAÇÃO DE ESTRUME (seg. ZEILINGER):

1 — A decomposição das substâncias ricas em carboidratos, anitrogênicas, especialmente de açúcar e graxa:

As graxas encontramos sòmente nas fezes, nunca na urina. Estas substâncias sêcas são decompostas até CO_2, H_2, CH_4 que se volatilizam.

Ocorrem, por isso, enormes perdas substanciais. Caso o estrume não seja convenientemente depositado, estas perdas sobem a até 50% da substância total.

A decomposição de carboidratos e matérias pectínicas é feita não só por bactérias esporogênicas, como *Aerobacter, Clostridium,* mas também por bactérias não esporogênicas, como amilolíticas, que decompõem amidas, e também por actinomicetos e fungos.

2 — A decomposição de pectinas:

Estas substâncias são intercelulares e têm a função de «colar» as células uma à outra. Se a pectina é decomposta, os conjuntos celulares entram em colapso e o tecido vegetal torna-se friável.

As enzimas ativas nesta decomposição são: pectinase e pectase, produzidas, especialmente, pelo *Clostridium butylicum* e pelo *Bacillus polymyxa.*

3 — A decomposição de celulose :

É feita, principalmente, por microrganismos anaeróbios devido ao meio reinante na estrumeira. Destacam-se *Clostridium werneri* e *Clostridium omelianski*. Também bactérias aeróbias tomam parte neste processo, como *Celulomonas flavigena* e *Celulomonas rossica*. As enzimas ativas são a celubiase e a celulase. Atuam elas entre 20° a 70°, porém o «optimum» da celubiase é de + 46° C.

4 — A humificação :

Na estrumeira, assemelham-se os processos aos do próprio solo. No estrume «nobre», obtido pela fermentação quente, encontram-se mais substâncias húmicas de que no comum. Forma-se um humo neutro, sendo o ácido húmico prontamente neutralizado pelo amônio. A decomposição de estrume é, pois, acompanhada de rápida descarboxilação e do gradativo enriquecimento em lignina.

FORMAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS POR MICRORGANISMOS NO ESTRUME E CHORUME (pela oxidação, redução e síntese).

Como já sabemos, formam-se ácidos orgânicos na dissociação de carboidratos e graxas, mas também na decomposição de proteínas, como ácido fórmico, ácido acético, ácido butírico, ácido láctico, etc.

No chorume encontramos o ácido hipúrico, que é hidrolisado e transformado em ácido benzóico e glicina, que, por sua vez, sofrem desaminação hidrolítica. Pela decomposição de urina forma-se fenol. O benzoácido e os fenóis possuem forte ação bactericida, porém a atividade dos microrganismos sofre pouco, porque êstes ácidos são dissociados logo em seguida.

Provàvelmente, formam-se também álcoois alifáticos como produtos intermediários. Os ácidos orgânicos são ligados por NH_3. Estas ligações amoniacais são, como o Indol e Escatol, responsáveis pelo cheiro do estrume.

A FORMAÇÃO DE GASES

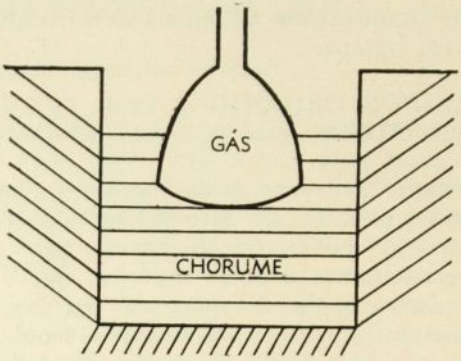
Os gases provém de substâncias nitrogenadas e também de compostos anitrogênicos. Nas camadas aeróbias da estrumeira forma-se, especialmente, CO_2, enquanto nas anaeróbias, internas, ocorre a formação de H_2 e CH_4. A formação de CO (monóxido de carbono) e H_2S (gás sulfídrico) ocorre, sòmente, em quantidades mínimas. De ligações nitrogenadas, dissociam-se azôto elementar e óxidos nitrogênicos inferiores. Caso a estrumeira não seja adequadamente feita, ocorrem fermentações palúdicas nas camadas inferiores, formando em maiores quantidades CH_4 e ácido butírico que, finalmente, também se cinde em CH_4, H_2 e CO_2.

A formação de CO_2 pode acontecer até 75° C. A formação anaeróbia de CH_4 é exclusivamente motivada por microrganismos e termina em 55° a 60° C. Via de regra, forma-se CH_4 de celulose, pentose, graxas, ácido láctico, sais, açúcares, amidas e proteínas. Forma-se H_2, geralmente de pectinas, amidas, açúcares e proteínas e, em escala mínima, de celulose.

FERMENTAÇÃO QUENTE OU PRODUÇÃO DE «ESTRUME NOBRE» («EDELMIST») (seg. KRANTZ)

Quando se forma metano e hidrogênio, isto depende das condições específicas do momento.

Sob a reação ácida ou neutra, prevalecem as fermentações que produzem H_2. Sob condições muito úmidas ou alcalinas, prevalece a fermentação e transformação em CH_4. Os gases inflamáveis podem ser captados e utilizados no abastecimento de gás doméstico. É chamado «biogás». Os métodos de captação dêsse gás são todos de um mesmo princípio. Utilizam uma «cúpula de gás» que se introduz na fossa. Junta-se aqui o gás que é escoado para os tambores. O valor de combustível do gás é entre 4.400 a 5.400 calorias por metro cúbico (SAUERLANDT e GROETZNER).



O H_2, normalmente, não se volatiliza, mas é absorvido. É utilizado para a hidrólise biológica, que forma geralmente metano. A dissimilação completa ocorre, porém, sòmente por intermédio de micróbios no solo. Conforme as condições existentes o estrume se aquece. Assim, o aumento de temperatura pode oscilar muito. O estrume, soltamente depositado, aquece mais rápido que o estrume socado. As camadas superiores aquecem mais do que as inferiores. Quer dizer, o aquecimento depende do oxigênio disponível ou simplesmente das condições aeróbias.

Segundo pesquisas de DÉHÉRAIN em 1884, as camadas inferiores apresentam sòmente uma temperatura de 55° C, enquanto as superiores ostentam 65° a 68° C. A temperatura torna a baixar depois do máximo de fermentação. Um estrume «maduro» tem ainda de 28° a 35°C. Esta é pràticamente o «optimum» para os bacilos butíricos.

FERMENTAÇÃO QUENTE DE KRANTZ

Deposita-se o estrume bem sôlto durante 4 dias. Isso provoca um aumento de temperatura de até 60 a 72°C. Após o quarto dia, o estrume é bem pisado e socado, mantendo-se assim a temperatura em volta de 55° a 60° C. Nesta porção de estêrco, que tem mais ou menos 40 a 50 centímetros de altura, deposita-se agora, sempre do mesmo modo, mais estrume, até atingir a altura de quatro metros (KRANTZ).

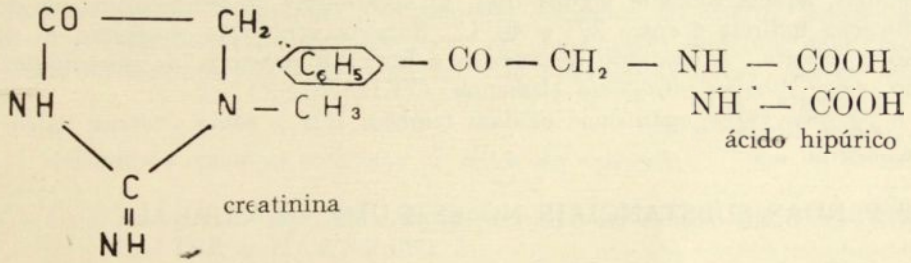
A manutenção da temperatura alta provoca uma humificação maior, re-

duzindo assim as perdas. A fermentação deve ser completamente anaeróbia.

O auto-aquecimento da estrumeira é provocado por oxidação microbiana. Tratado erradamente, o estrume não atinge temperaturas maiores do que 45°C. Sòmente atinge + 70° C quando o substrato de fezes e palha fôr, relativamente, sêco. Nestes estercos encontram-se, especialmente, as bactérias termófilas, como *Bac. subtilis, Bac. mesentericus* e *Bac. termofilus grigoni.* O processo dura de 5 a 6 meses e fornece um produto neutro, completamente humificado e quase inodoro.

A TRANSFORMAÇÃO DE NITROGÊNIO NO ESTRUME :

A formação de amoníaco depende da mistura do estêrco. Os quelatos nitrogenados de urina são os de mais fácil decomposição, enquanto os da liteira e dos excrementos o fazem lentamente, porém, formando também amônio. A produção de amônio depende, pois, principalmente das quantidades de urina, cujos quelatos nitrogenados são de diversa decomponibilidade, conforme arejamento e variedade dos microrganismos. Uréia, ácido úrico, ácido hipúrico e creatinina são as matérias-primas.



O «maximum» da produção amoniacal sòmente se alcança após 6 a 12 dias. Uma parte dos decompositores da uréia possuem um «optimum» de temperatura em + 13°C. O arejamento não é de importância para êstes micróbios cujo número é grande. *Micrococcus, Streptococcus,* sárcinas, fungos, *Bac. Freudenreichii, Escherichia coli,* variedades de *Proteus,* são os principais. A transformação de uréia em amoníaco é completa. A relação do ácido úrico é a mesma no estrume e no solo. As *Pseudomonas* cindem o ácido úrico em uréia e CO_2. A intensidade da formação de compostos amoniacais hidrossolúveis, de substâncias compactas, é reduzida. Os microrganismos assimilam prontamente NH_4 e NH_2, transformando até 3/4 dêstes compostos amoniacais hidrossolúveis em substâncias insolúveis. Mas, para êste processo, além das fontes de nitrogênio, precisam-se também as de carbono. Assim, sob condições aeróbias, processa-se uma transformação muito rápida (WEYLAND).

O nitrogênio assimilado pelos microrganismos é fixado, tornando-se temporàriamente inaproveitável para os vegetais. A ligação de nitrogênio em forma de proteína microbiana no estrume, tem a vantagem de reduzir essencialmente a perda de amônio volátil.

A NITRIFICAÇÃO NO ESTRUME DEPOSITADO:

Êste processo é insignificante, porque sòmente nas camadas superficiais existem condições aeróbias. Porém, nestas camadas, a nitrificação é impedida pela insolação e pela sêca. Caso haja um aumento de nitrogênio, êste é provocado pela *Azotobacter*. Por outro lado, existem grandes perdas em substâncias sêcas e nitrogênio. O amônio, ou aminoácidos formados, entram em reação com o ácido nitroso (HNO_2), liberando nitrogênio. Mesmo o amônio, ligado pelos microrganismos, pode ser liberado.

Os microrganismos são diretamente responsáveis pelas perdas de nitrogênio, pela desnitrificação ou oxidação de amônio.

DÉHÉRAIN descobriu que, sob condições aeróbias, ambos os processos tomam vulto. As perdas de nitrogênio, em condições aeróbias, são de 38%, em vista dos 19% em condições anaeróbias. Em presença de carboidratos, a desnitrificação pode causar grandes perdas. Especialmente a bactéria *Flavobacterium denitrificans* reduz o NO_2, mas outras reduzem também o NO_3.

Na desnitrificação direta forma-se sòmente nitrogênio livre. Na indireta formam-se também gases, como N_2O, CO_2, H_2 etc. Esta demora algumas semanas, aquela sòmente alguns dias. O «optimum» de temperatura na desnitrificação indireta é entre 27° a 40° C. Suporta ventilação, enquanto a direta não a suporta. A oxidação de amônio é feita em presença de microrganismos que podem liberar nitrogênio elementar (ZEILINGER).

Vários microrganismos oxidam também NH_3, como *Proteus vulgaris* e *Escherichia coli*.

AS PERDAS SUBSTANCIAIS NO ESTRUME DE CURRAL:

Geralmente as perdas montam em 40%. LÖHNIS demonstrou que, num armazenamento de três meses, as perdas são as seguintes:

Armazenamento comum Fermentação normal	na época quente	40%
	na época fria	22%
Armazenamento comum Fermentação quente (método KRANTZ)	na época quente	15 a 21%
	na época fria	5 a 11%

JEGEROFF constatou que, quanto mais úmido o estrume, tanto maiores as perdas substanciais. Com 75% de umidade as perdas atingem o máximo.

A TRANSFORMAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS MINERAIS NO ESTRUME:

As substâncias minerais provêm especialmente da liteira, existindo muito mais minerais na palha de aveia ou de arroz do que na serragem.

Durante a «maturação» do estrume, as substâncias minerais são transformadas em formas hidrossolúveis parcialmente fixadas por assimilação pelos

microrganismos. As perdas em P são, no máximo de 10%, de K 20%, sendo provocadas exclusivamente por lixiviação. Também é possível que durante os processos de putrefação se volatilize H_2S, quer dizer, haja perda de enxôfre. Sôbre as perdas de nitrogênio já falamos.

O estrume que contém pouca palha é, geralmente, aquêle que se colhe nos pastos. Já bastante lavado pelas chuvas, o seu principal valor é ser uma matéria orgânica de difícil decomposição. Via de regra, é paupérrimo, contendo menos nitrogênio do que o necessitado pelos microrganismos para sua decomposição total. Provoca, portanto, nas culturas, fàcilmente, uma acentuada fome de nitrogênio.

O estrume bem tratado é um adubo completo. Geralmente, porém, não é bem tratado, sendo sòmente uma fonte de carbono para os microrganismos. Os efeitos pouco benéficos e até prejudiciais que aparecem às vêzes, logo depois de uma adubação orgânica, provém dêsse fato. O valor dêsse adubo é sòmente igual ao valor da palha ou do bagaço que incorporamos, havendo necessidade de ajuntarmos sempre salitre para contrabalançar a fome das bactérias. É, portanto, da maior importância o tratamento adequado do estêrco, porque um estrume mal tratado não é sòmente pobre em substâncias minerais, mas, também, rico em sementes de ervas daninhas, que infestam as terras com êle adubadas.

Resumindo, pode-se constatar os feitos do estrume:

1 — Aumenta a capacidade de infiltração e do campo (BOUYOUCOS, SALTER e HAWORTH).

2 — Promove uma estrutura floculada do solo, estável às erosões, pluvial e eólica. (VERSHININ, KLAPP, SCHEFFER e WELTE).

3 — Mobiliza os fosfatos através da microvida incentivada (SCHAFFER).

4 — Equilibra a microvida e estimula especialmente a flora zimogênica (WINOGRADSKY).

5 — Aumenta a produção de CO_2, essencial para a fotossíntese (WAKSMAN).

6 — Enriquece o solo em potássio, fósforo e nitrogênio, além de muitos elmentos menores, (VERSHININ) e aumenta a capacidade de troca (BISHOP).

7 — Regula o pH do solo — tanto o ácido como o alcalino — de maneira eficaz (PRIMAVESI).

8 — Garante a normal e contínua nutrição vegetal (MEYER).

9 — Aumenta de maneira mais duradoura o rendimento agrícola (RUSSELL, MALAVOLTA).

10 — É um fator decisivo na saúde vegetal (BRAUN).

O valor dum estrume convenientemente curtido é insuperável, e diz-se, nos países de agricultura intensiva : «A estrumeira é a mina de ouro do lavrador».

AUDUS,L.J. «Plant Growth Substances», 1953, London.
BISHOP,L.R. e RUSSELL,E.J. J. Inst. Brew. 39: 287, 1933.
BISHOP,L.B. et al. Canad. J. Soil Sci. 42, 49-61, 1962.
BOUYOUCOS,G.J. Soil Sci. 47: 377, 1939.
BRAUN,H. Z. Pflanzenern. Düng. Bodenk. 101(3): 215, 1963.
DÉHÉRAIN,P.P. «Traité de Chimie Agricole», 1902, Paris.
HENSSEN,A. Arch. f. Mikrob. Bed. 27: 63-81, 1957.
KLAPP,E. «Wiesen und Weiden», 1956, Berlin.
KRANTZ,H. citado por RUSSELL,E.W. em «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
LÖHNIS,F. «Handbuch der landw. Bakteriologie». 1910, Berlin.
LÜKEN,H. Plant and Soil 17: 1-25, 26-48, 49-67, 1962.
MALAVOLTA,E. «Manual de Química Agrícola», 1959, São Paulo.
MARTIN,J.P. Soil Sci. 69: 107, 1950.
MEYER,L. e SCHAFFER,G. Landw. Forschg. 6: 81-94, 1954.
NEHRING,K. e SCHIEMANN,R. Z. Pflanzenern. Düng. 57: 97, 1952.
NG SIEW KEE e BLOOMFIELG,C. Plant and Soil 16: 108-135, 1962.
NYS,L. e HANOTIAUX,G. Bull. Ind. Agron. Gembloux 28: 389-419, 1960.
PAGE,A.L. et al. Proc. Soil Sci. Soc. America 27, 323-326, 1963.
PRIMAVESI,A. «A influência do estrume sôbre o pH», 1962 (não publicado).
RÜBENSAM,E. e STEINBRENNER,R. A. Thaer Archiv 5: 266-281, 1961.
RUSSELL,E.W. «Soil Conditions and Plant Growth», 1961, London.
SALTER,P.J. e HAWORTH,F.J. Soil Sci. 12: 326-334, 335-342, 1961.
SAUERLANDT,W. e GROETZNER,E. «Eigenschaften u. Wirkung der bei der Bio Gasgewinnung aus Stallmist anfallenden org. Dünger», 1953, München.
SCHAFFER,G. Z. Acker u. Pflanzenb. 113: 325-337, 1961.
SCHEFFER,F. e WELTE,E. «Lehrb. d. Agrikulturchemie u. Bodenkunde II», 3ª Ed., 1955, Stuttgart.
VERSHININ,P.V. Pedology: 1278, 1938.
VETTER,H. Z. Acker u. Pflanzenb. 113: 413-424, 1961.
WAKSMAN,S.A. «Soil Microbiology», 1952, New York.
WAKSMAN,S.A. «Humus», 1938, Baltimore.
WAKSMAN,S.A. e DIEHM,R.A. Z. Am. Soc. Agron. 21: 533-546, 1929.
WARCUP,J.H. Trans. Brit. Mycol. Soc. 34: 519, 1951.
WEYLAND,H. Zbl. Bakt. Paras. Infekt. u. Hig. 110: 471-489, 1957.
WINOGRADSKY,S.N. «Microbiologie du Sol», 1949, Paris.
ZEILINGER,A. «Landwirtschaftliche Mikrobiologie», 1959, Wien.

RESUMO

RESUMO

BURGES disse: «Como todos os sistemas biológicos, o solo sofre alterações permanentes, ficando, porém, em conseqüência disso, relativamente estável. Esta condição paradoxa é um «equilíbrio dinâmico». O equilíbrio se mantém através de modificações numa dada direção, compensado por variações, atuando em direção oposta. Freqüentemente, os diversos processos — implicando um ao outro — são de ação cíclica, de modo que, apesar de transformações profundas, as alterações finais, resultantes em conjunto, são insignificantes. Assim, realmente, as quantidades das distintas frações permanecem constantes, por muito tempo, a não ser que o homem intervenha».

«Numa floresta, de zona fria, caem, anualmente, doze toneladas de fôlhas por hectare e, numa floresta tropical, sessenta e nove toneladas por hectare. No ano seguinte, cai a mesma quantidade — a manta que cobre a superfície do solo permanece a mesma. Aqui, o ciclo planta-solo-microrganismos é perfeito».

Mesmo assim, existe uma leve e constante lixiviação dêstes solos pela água. Esta migração, de sais metálicos e não metálicos para o subsolo, e sua parcial lixiviação para os rios, chamamos de envelhecimento do solo.

Êste envelhecimento gradativo, que é muito lento numa floresta virgem e muito rápido num campo de cultura, acarreta, naturalmente, a gradativa substituição das espécies de plantas ali existentes, por outras mais adaptadas. Uma árvore, exigente em magnésio, não consegue mais defender o seu lugar na associação vegetal, quando êste fôr deficiente; fica pesteada e morre, cedendo lugar a uma árvore modesta na necessidade dêste metal. Assim a natureza reage a qualquer modificação do solo, adaptando prontamente a sua associação vegetal e microbiana, às novas condições de vida. É, também, esta a razão porque, mesmo em uma mata virgem, podemos encontrar pestes e plantas doentes.

Em nossas terras de cultura, o ambiente é, na minoria dos casos, propício à cultura agrícola. O lavrador tem de criar primeiro êste ambiente, antes de plantar.

Temos de estar cientes, que a agricultura é uma coisa artifical, não podendo, portanto, contar, ùnicamente, com os simples recursos naturais, tendo-se de criar, conscientemente, um meio adequado para as culturas. Já a aração do próprio solo é a primeira medida que disturba tôda a vida do mesmo, revolucionando a sua BIOCENOSE. Em lugar da rica microfauna, de actinomicetos e fungos, entra agora, especialmente, uma flora bacteriana aeróbia. Diminui, radicalmente, a micro e mesofauna, tais como minhocas, nematóides, colembolos, etc. A microflora, agora incentivada pela aração e arejamento, gasta, luxuriantemente, as reservas de matéria orgânica do solo. A vida se torna muito mais intensiva. É, justamente, o que o lavrador queria, porque, sòmente uma vida intensiva do solo, garante-lhe altas colheitas. Porém, êle tem de considerar as mudanças totais no solo, provocadas por êle mesmo, tais como produção acelerada, a microvida «doméstica», inteiramente dependente do seu trato, o solo, por muito tempo desnudado e desprotegido contra a insolação, a ação das chuvas e do vento.

Como uma vaca de alta criação não dá bons resultados, pastando só em pastos naturais, submetida às mudanças alimentares, de grande fartura no verão, e de escassez no inverno, assim também acontece a um solo arado, com sua micropopulação de «criação», porque apareceu esta sòmente graças aos trabalhos no campo, não prosperando sem cuidados especiais.

Pode-se tirar uma planta do solo para melhor estudo, mas a planta fora do solo não revela nada sôbre as possibilidades de vida que encontra nêle. Portanto, não é possível julgá-la fora do solo. As bactérias, fungos e microanimais, que se criam na sua rizosfera, a sua capacidade de vencer a resistência do solo, a sua pressão osmótica e, portanto, a sua capacidade de sucção, a influência sôbre a estrutura do solo e, portanto, sôbre o seu próprio espaço vital, sòmente podem ser julgados quando considerarmos o vegetal dentro da biocenose solo-planta-microrganismos.

Com a cultura monófita — planta-se, muitas vêzes, sòmente milho, ou sòmente trigo, ou só algodão, etc. — provoca-se uma alteração enorme no solo. Tôda a microvida adapta-se, necessàriamente, a êste regime, beneficiando-se, automàticamente, todos os micro-sêres capazes de utilizarem as excreções radiculares da cultura. A concorrência mútua, das plantas da própria cultura, tornam as mesmas mais fracas, privando-as da natural defesa, que gozava uma planta em policultura. O enraizamento do solo é muito mais fraco e, portanto, reduz-se a microflora a bactérias autótrofas, que vivem de oxidações de metais, ou tróficas, que usam os ácidos segregados pelas raízes. A grande maioria da microflora saprófita, vivendo de matéria orgânica morta, desaparece. A microfauna saprófita, especialmente as minhocas, nematóides, desaparecem, igualmente, e criam-se micro-sêres que vivem de bactérias, como os protozoários, ou de células vegetais vivas, semi-necróticas ou, de qualquer maneira, debilitados por prévias deficiências minerais, como os parasitas — fungos, nematóides, algumas bactérias — porque já não encontram células vegetais mortas no solo.

Como esta microvida não está capacitada a manter a estrutura fôfa do solo, esta decai. O ambiente, apesar das arações, gradeações e cultivações, é preferencialmente. anaeróbio, porque a simples pulverização do solo duro e entorroado não restitui, ainda, a sua estrutura floculada, assentando-se êste, novamente, dentro de poucas semanas. Aqui, proliferam, especialmente, fungos que vivendo na superfície, podem-se nutrir das camadas duras e anaeróbias, aonde mandam as suas hifas. Entretanto, a vida dos fungos depende também de vestígios de matéria orgânica. Se fungos saprófitas não se encontram possibilitados a sobreviver no solo, os mesmos surgem como fungos parasitas em células vegetais, necrotizadas em conseqüência de uma deficiência mineral.

Devemos lembrar: Cada ser vivo, seja êle um microrganismo ou uma planta, aparece sòmente no momento em que as condições de vida lhe são favoráveis, podendo defender-se, eficazmente, contra a concorrência dos outros. A ambientação dos microrganismos ocorre muito mais ràpidamente do que a dos vegetais, porque o seu ciclo vital é infinitamente mais curto.

O aparecimento de parasitas vegetais é sinal de que:

1 — não há mais condições adequadas para micro-sêres saprófitas: falta a matéria orgânica no solo;

2 — falta a diversidade de microrganismos no solo;
3 — há células necrotizadas no tecido do vegetal vivo, porque células sãs e vivas nenhum microrganismo ataca.

No momento em que aparece um inço de difícil eliminação, ou um parasita vegetal, sabemos: a nossa agricultura está errada. Botamos em ruínas a Biocenose do Solo e sofremos, portanto, as conseqüências. Neste momento, a aplicação de adubos químicos, de inseticidas, fungicidas e ervicidas, já não resolve mais o caso. Fungicida e ervicida contribuem, nesta situação, eficazmente, à total destruição da microvida e da estrutura do solo, e com isso, da FERTILIDADE do mesmo.

Deve-se tomar como regra:

1 — A adubação química só reage, econômicamente, em solos de boa estrutura e microvida, porém esgotados pelas culturas agrícolas.
2 — Em solos entorroados, inçados e pesteados, o seu efeito é reduzido, antieconômico ou nulo, porque o meio ecológico é completamente adverso à cultura, impossibilitando o seu desenvolvimento normal.
3 — A fertilidade do solo depende, não só da simples aplicação de adubos comerciais, mas, essencialmente, da biocenose equilibrada.
4 — Pestes e inços são o sinal de uma biocenose deturpada, geralmente provocada por uma falta aguda de matéria orgânica DENTRO do solo. Uma acumulação de humo na superfície, como acontece em pastos mal tratados e ácidos, não contribui à fertilidade do solo, porque carecem da microvida indispensável.

A primeira medida para a recuperação da fertilidade do solo é, portanto, a colocação adequada de matéria orgânica. Esta, NUNCA deve ser virada profundamente, mas deve ser misturada superficialmente com o solo e, em solos ácidos, deve-se incentivar a microvida com uma calagem adequada.

Todos os trabalhos no campo devem ser feitos, especialmente, com vista a MANUTENÇÃO DE UMA MICROVIDA RICA E POLIFORME e só, em segundo lugar, tendo em vista a própria cultura, porque se a microvida é favorável, o solo é fértil e a cultura se aproveita disso. O único serviço feito no campo, tendo em vista a cultura, é a adubação química. Os demais trabalhos devem ser feitos em benefício da microvida que, por sua vez, beneficia a cultura. PODE HAVER UMA BIOCENOSE SADIA SEM CULTURAS AGRÍCOLAS, MAS NÃO HÁ CULTURAS AGRÍCOLAS SADIAS SEM UMA BIOCENOSE EQUILIBRADA.

A base de uma agricultura sadia, próspera e lucrativa é, portanto, a manutenção de uma micropopulação saprófita e aeróbia, que necessita:

a) o arejamento adequado do solo,
b) uma alimentação suficiente em matéria orgânica morta,

c) uma alimentação mineral equilibrada de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, manganês, boro, zinco, cobre, molibdênio, ferro, enxôfre, cloro, cobalto, vanádio e outros.

Deve-se sempre lembrar que a falta de uma microvida saprófita, acarreta o aparecimento de uma microflora parasita. Um solo duro, entorroado, sem estrutura floculada, extremamente sujeito à sêca e erosão, provoca inços incombatíveis, porque são próprios do ambiente, enquanto a cultura não o é.

Não existe, pois, AGRICULTURA SADIA E ECONÔMICA sem a observança das Leis da Biocenose. Dentro da biocenose encontramos, igualmente, a explicação de muitos fenômenos, incompreensíveis quando estudados isoladamente, como, por exemplo, os fitoparasitas, os problemas da adubação química, as ervas daninhas e muitos outros.

Podemos constatar que existe no solo uma microvida tão variada e rica, que em nada está inferior à macrovida vegetal e animal em cima do solo. Por natureza, esta microvida é perfeitamente equilibrada, reinando também aqui a lei de DARWIN sôbre a seleção e sobrevivência do mais forte. Esta Lei, altamente benéfica em condições normais e equilibradas — porque evita a degeneração da raça — é catastrófica sob situações perturbadas e desequilibradas, porque ali, não se multiplicam agora os exemplos mais valiosos, mas, os mais adaptados às condições adversas.

A defesa mais certa contra qualquer tipo de parasitismo é a absoluta saúde do indivíduo, seja ela da micro ou macroflora, da micro ou macrofauna Enquanto perduram as condições normais, e sob estas temos de contar o estado sadio do indivíduo, o equilíbrio normal entre todos os sêres vivos está garantido. No momento, porém, em que o indivíduo luta pela sobrevivência, e deficiências alimentícias disturbam o seu metabolismo, as condições são anormais e os seus associados dos dias bons, tornam-se os seus inimigos dos dias ruins. Assim, as plantas superiores, que tanto se beneficiam com os microrganismos do solo, são de repente por êstes atacados. Acontece isso, também, dentro da lei da sobrevivência, porque o que é fraco e imprestável para a vida, deve morrer, a fim de ceder lugar ao mais forte que está adaptado às condições reinantes.

A Natureza, sem que o homem interfira, sempre recorre à pronta eliminação de tudo que não é perfeitamente adaptado ao seu ambiente. Por isso, desaparecem os sáurios, por isso encontramos numa ilha perto do Cabo de Boa Esperança, môscas sem asas, e por isso, vieram as epidemias para eliminar os homens inadequados, suscetíveis às reinantes carências minerais na alimentação. Sem a interferência do homem não haveria doenças vegetais fora do desaparecimento comum de certas espécies, devido ao envelhecimento da terra.

A decadência da terra, provocada por nossos métodos de agricultura, é tão grande, que a maioria dos vegetais não encontra mais condições de vida favoráveis. E, pela lei de DARWIN, êstes têm de ser eliminados pela microvida. É pois, completamente errado querer combater uma doença vegetal por métodos químicos. A química nada tem a ver com elas. Ao contrário, onde é empregada, agrava ainda mais a situação. O que devemos fazer, é, apenas, equilibrar a vida desequilibrada do solo. Restabelecer as condições favoráveis a

uma micro e macrovida sadia, restabelecer a estrutura fôfa do solo, a antiga relação entre os minerais, a fôrça-tampão do solo, e a capacidade de retenção. O que está errado não é o tempo, nem o clima, nem a planta, mas, enssencialmente, o nosso ponto de vista absolutamente abiótico.

A violação das leis naturais necessita ceder lugar ao respeito a elas. Enquanto desprezarmos tôdas as leis e todos os equilíbrios naturais, a natureza nos levará ao desespêro e finalmente ao perigo de morrer de fome. Enquanto perdurar o «parasitismo humano» para com a natureza, temos que ser combatidos por ela. Mas quando nós nos enquadrarmos no equilíbrio natural, teremos a nossa vida assegurada dentro dêsse equilíbrio. Necessitamos, pois, compreender que, mesmo sendo a «corôa da criação», pertencemos a esta e não temos o direito de violar as suas leis.

Devemos lembrar por último, que um equilíbrio natural no solo provocará, conseqüentemente, também condições melhores para a vida vegetal. Plantas bem nutridas serão alimento superior para o próprio homem.

Assim, por exemplo, a bactéria *Escherichia coli,* ou simplemente denominada bactéria Coli, existe em enormes quantidades no solo e no ar adjacente. Provoca severos distúrbios gástricos, especialmente em crianças, mas sòmente, quando estas forem debilitadas por uma alimentação inadequada.

Os clostrídios, uma das famílias mais importantes entre as bactérias anaeróbias, existem também em cada solo fôfo, com estrutura esponjosa e bem arejada, porém aumentam perigosamente em terras decaídas, causando tétano, gangrena gasosa, etc., em feridas infetadas.

Em terras sadias existem outros bacilos que controlam os que poderiam ser patógenos animais e humanos. Em terras decaídas, falta êste contrôle.

Por outro lado, encontramos em terras férteis, sempre um número apreciável de fungos e actinomicetos, que produzem vitaminas e antibióticos. Assim, leveduras produzem riboflavina (B_1), *Streptomyces griseus* produz vitamina B_{12} (além do antibiótico «estreptomicina») que de certo modo são necessários para a saúde vegetal e o devido equilíbrio microbiano no solo.

Especialmente os fungos possibilitam a vida de muitos insetos, vermes e bactérias como, das minhocas, que pastam os fungos do solo em grandes quantidades, das saúvas que até cultivam basidiomicetos para a sua alimentação e de vários tipos de bactérias que vivem dos alimentos pré-digeridos pelos fungos. Os fungos e actinomicetos controlam, pelos antibióticos, as bactérias que, diferentemente, são pastadas por protozoários. As plantas animam ou freiam o desenvolvimento bacteriano. Como se vê, existe um entrosamento completo, ou como se diz mais freqüentemente, uma Biocenose perfeita entre micro e macrovida do solo. Mas todo êsse equilíbrio depende, essencialmente, da fofice e a fofice por sua vez depende da vida microbiana.

O êrro é, pois, a nossa vista analítica de tôdas as coisas, separando o que não pode ser separado, e se intrometendo onde não deve haver intromissão. Devemos estar cientes de que a intromissão em favor ou contra algum dêsses componentes, ìntimamente entrelaçados, provoca, infalìvelmente, um desequilíbrio catastrófico entre os demais. E quanto mais nos intrometermos, tanto pior ficará. Devemos discernir que a análise serve para compreender melhor

as qualidades particulares de um ou outro componente desta Biocenose, mas ela não serve, de modo nenhum, para sanar uma doença ou deficiência dum componente dessa trama viva. Para sanar a falta de bactérias, a proliferação maléfica de fungos, ou inços, a ação parasítica de fungos ou bactérias, a falta de minhocas, etc., não devemos inocular, esterilizar e implantar êste ou aquêle componente, mas EQUILIBRAR O CONJUNTO, RESTABELECENDO AS CONDIÇÕES VITAIS, FAVORÁVEIS NÃO SÔMENTE A UM, MAS A TODOS.

É na SÍNTESE que encontramos o segrêdo da natureza, é na VISTA GERAL que encontramos a solução de nossos problemas.

ZUSAMMENFASSUNG:

In «A Biocenose do Solo na Produção Vegetal» wird versucht einen ersten, umfassenden Überblick über das gesamte Bodenleben zu geben, wobei unter Bodenleben nicht nur die Mikrofauna und Mesofauna, sondern ebenso die Mikroflora und Pflanzenwurzeln verstanden werden, also alles, was sich in dieses Bodenleben teilt.

Der Boden wird hier nicht als tote «Unterlage» für die Kulturpflanze, oder nur als Lebensraum der Bodentiere betrachtet, sondern als ein dynamischer Organismus, dessen lebende Faktoren in reziprozyklischer Weise einander beeinflussen und das, in letzter Analyse, die Bodengenese bestimmt.

Die drei Grundwissenschaften, die die Base zu dieser ersten synthetischen Betrachtung des Bodens und seines Lebens liefern, sind die Mikrobiologie des Bodens, die Bodenbiologie und die Pflanzenökologie, worüber bereits eine umfassende Weltliteratur vorliegt.

Die moderne, zeitgenössische Landwirtschaft kann in eine rein explorative, wenn auch hoch technisierte, und eine konservationistische eingeteilt werden, wobei unter Ausbeutung alle Methoden verstanden werden müssen, die den Boden einseitig belasten und somit sein Gleichgewicht stören. Dazu zählen eine einseitige NPK Düngung ohne Berücksichtigung des Vorhandenseins der anderen lebenswichtigen Nährstoffe, pH Korrektion durch starke Kalkungen ohne Rücksicht auf den biologischen Faktor und die Austauschprozesse, mechanische Zerkleinerung von Bodenschollen, die durch den biologischen Verfall entstanden sind, wobei der bereits «schwerkranke» Boden noch gezwungen wird zu produzieren, die totale Dekadenz damit hervorrufend. Letztlich gehört auch die Bewässerung von Böden mit mangelhafter Wasserspeicherkapazität und Wasserführung, hervorgerufen durch den biologischen Bodenverfall, dazu, da auch hier mit künstlichen Methoden das Letzte aus dem Boden herausgeholt wird. Dem gegenüber stehen die erhaltenden Methoden, die, geboren aus der biologischen Betrachtungsweise, in erster Linie das Bodenleben pflegen, wie z.B. durch richtige Ackerungstiefe, organische Düngung, equilibrierte Handelsdüngung unter Zugabe sämtlicher fehlender Nährstoffe, wobei auch Kalk als Nährstoff betrachtet wird, Rotation, wobei sich verbessernde Kulturen mit anspruchsvollen abwechseln, und dann der gare und biologisch «gesunde» Boden automatisch hohe Ernten liefert.

Die Lebensgemeinschaft des Bodens wird durch die ökologischen Bedingungen, die der Boden — und in weiterem Rahmen das Klima — liefern, bestimmt. Jede kleinste Änderung der Nahrungs und Lebensgrundlage der Pflanzen und Mikroorganismen, sei es ein Fehlen oder Auftauchen von Wurzelausscheidungen (Mono- oder Polikulturen), das sich Erschöpfen oder Dazukommen (Handelsdüngung) eines metallischen Nährstoffes, bedingen tiefeinschneidende Änderungen, ebenso wie die fehlende oder gute Belüftung des Bodens, seine Beschattung oder Freihaltung durch Hacken, seine gute oder schlechte Wasserführung usw. Auf jede kleinste Variante stellt sich das gesamte Bodenleben, sowohl Mikoorganismen als auch die Pflanzengesellschaft, um, was seinerseits wieder Veränderungen der mineralischen Phase des Bodens bedingt. Die Vergleyung unserer Dauerweiden ist dafür ein typisches Beispiel.

Die Rhizosphäre der Pflanzenwurzel ist um so ausgeprägter, je ärmer der Boden ist. Pilze und Bakterien gehören in den spezifischen Bereich jeder Pflanzenwurzel, wobei normalerweise nur eine trophische Symbiose zwischen der Mikroflora und der Wurzel besteht, bei der die Mikoorganismen ihre Lebensgrundlage in den Wurzelausscheidungen finden, während die Pflanzenwurzel die ihr nötigen Nährstoffe in organischer Form von den Mikroben erhält. — Mykorrhyzen und Knöllchenbakterien sind de r Ausdruck engsten Zusammenlebens zwischen Mikro- und Makroflora. — Anderseits bildet die Mikroflora die Lebensgrundlage einer zahlreichen prädatorischen Mikro- und Mesofauna.

Die Grundlage der Bodenfruchtbarkeit ist jedoch die organische Substanz, die in Form von Humus ihre höchste Wirksamkeit als kolloidale Bodenkomponente findet. Allerdings ändert sich mit dem Boden und seinem Leben die chemische Zusammensetzung und damit die physikalische und biologische Wirksamkeit des Humus, der die Lebensgrundlage der saprophytischen Mikroflora und -Fauna bildet und damit in erster Linie durch die entstehende Bodengare und CO_2 Produktion die Ernteerträge erhöht.

Die Pflanzennährstoffe erleiden durch die Bodenmikroorganismen grundlegende Transformationen und hängt ihre Assimilierbarkeit, vor allem aber ihre Verwertbarkeit in der Pflanze, davon ab.

Die Bedeutung der Gare ist nicht nur ausschlaggebend für die Entwicklung der Pflanzenwurzel, sondern ebenso für die Wirksamkeit der Handelsdüngung, die sowhl von der leichten Aufnehmbarkeit als auch ihrer Form (organisch oder anorganisch) abhängt. Ein vom Verfasser entwickeltes Mikrobentest ist geeignet die Verwertbarkeit und Wirkung einer Handelsdüngung im Vorhinein anzuzeigen.

Alle landwirtschaftlichen Massnahmen sollen auf ihren Einfluss hinsichtlich der Lebensgemeinschaft Boden-Pflanze-Mikoorganismen geprüft werden. Dabei ergibt sich, dass sowohl die Sterilization des Bodens durch Brennen, Dampfen oder chemische Massnahmen, genau so wie die Unkrautbekämpfung durch Herbicide, solange keine Dauerwirkung haben können, solange nicht die ökologischen Bedingungen, die die Entwicklung dieser Mikroorganismen oder Unkräuter fördern, beseitigt werden. Vor allem die verunkrauteten Naturweiden sind hierfür kennzeichnend, wo durch Nährstoffverarmung, Weidetritt und

Auslese durch das Vieh, die Bildung einer neuen Pflanzengesellschaft und mit ihr einer anderen Bodenflora entsteht.

Besondere Beachtung verdienen in diesem Rahmen die Pathogene, deren erschreckende Zunahme die Landwirtschaft immer riskanter macht und die durch chemische Spritzmittel nur kurz oder garnicht bekämpfbar sind. Die meisten Pilze und Bakterien besitzen die Fähigkeit, nach einer kurzen Anpassungszseit, die Fungicide und Baktericide als Nahrungsgrundlage zu verwenden. Zwei Ursachen des Krankheitsbefalles unserer Kulturpflanzen werden erkenntlich:

Die sogenannten «Gelegenheitspathogene», wie *Pseudomonas, Rhizoctonia,* usw., die nur dann die Kulturen befallen, wenn die ökologischen Verhältnisse ihr unbeschränktes Wachstum erlauben, d.h. wenn alle sie kontrollierenden Mikroorganismen keine Lebensmöglichkeit mehr finden, und die Pflanze an einem bestimmten Nährstoffmangel leidet. Die «wahren Pathogene», wie, zum Beispiel, *Puccinia graminis tritici,* die an Wirtspflanzen gebunden sind, die aber ihre Wirte auch nur dann befallen, wenn diese an einem bestimmten Nährstoffmangel leiden und um ihr Überleben zu kämpfen haben.

Daraus darf geschlossen werden, dass meistens bei Befall durch Pflanzenkrankheiten sowohl das biologische Gleichgewicht im Boden gestört sein, als auch die Pflanze selbst ein gestörtes Nährstoffverhältnis besitzen muss.

Die grosse Bedeutung des Stallmistes in der Gesunderhaltung von Boden und Kulturen liegt in seiner Eigenschaft als Bakterienfutter, wobei allerdings seine kolloidalen Eigenschaften nicht vergessen werden dürfen. Allerdings ist die zusätzliche Mineraldüngung bei unseren Hochleistungskulturen unerlässlich.

Es ist möglich über die synthetische Betrachtung der Lebensgemeinschaft des Bodens die Grundlage der tatsächlichen Bodenfruchtbarkeit zu finden und die moderne Landwirtschaft intensiv, jedoch mit geringem Risiko zu betreiben, da die Niederschlagsschwankungen weitgehend durch den biologisch equilibrierten Boden abgepuffert werden und die Handelsdünger nach dem Gesetz : «je besser die Gare, um so grösser die Wirkung» reagieren.

Eine intensive Landwirtschaft ist ohne genaue Kenntnisse der Lebensgemeinschaft des Bodens nicht möglich.

SUMMARY

In the «Biocenose do Solo na Produção Vegetal» it is tried to give the first general survey on soil life, meaning not only the microfauna and mesofauna, but also the microflora and the plant roots, that is, all the living factors which deal the same vital space.

The soil cannot be considered as a support, or only as the living space of soil animals, but as a dynamic organism where the living factors influence one another in a reciprocyclical way, destining finally the soil genesis.

The three fundamental sciences of this first synthetical consideration of soil and its life are the Soil Microbiology, Soil Biology and Plant Ecology, with its rich, worldwide literature.

Modern contemporary agriculture may be divided in a pure explorative one, even when highly mechanized, and a conservative one. Under exploration

must be understood all methods which disturb the soil equilibrium, such as a NPK dressing without consideration of other nutrient deficiencies; a pH corection by liming without thinking of soil life and the processes of exchange and sorption; mechanical trituration of big soil clods, caused by biological decadence, still forcing to produce the highly decadent and biological sick soil, provoking thus the complete break-down of its productive strength.

Finally we may include the irrigation of soils with deficient retention power, caused by biological decadence. All these methods pretend only to explore the soil, as much as possible, without thinking of the consequences which are: erosion, inundation and draughts.

On the contrary with these managing methods, are the biological considerations which tries to take care of the soil without thinking, in the first line, of plant production. An exact ploughing deep, manuring with organic matter, commercial dressing considering all deficient nutrients, rotations, which give the soil a chance to recuperate, a. s. o. are essential to a conservative soil management. All care dispensed to the soil will give, automatically, high crops. Crop production is not considered as an isolated factor but as a consequence of soil sanity.

The soil biocenosis is destined by ecological conditions of soil and, in a wider meaning, by climate. Even the least change of the food basis of plants or microorganisms, caused by lack or emerging of some root excretion (mono or poly cultures), exhaustion or addition of some nutrient does provoke profound alterations. But also different bulk density, shadowing of soil or clean weeding, its perfect or deficient water retention, a.s.o., influence readily all the soil life, which adapts immediately its micro and macrosocieties to these new conditions what, for its way, causes a different development of the very soil. Gleyzation is a fine example.

The rhizosphere of the plant root is as much distinct as poorer will be the soil. Fungi and bacterias are proper to the specific sphere of plant roots existing generally only a trophic simbiose between the microflora and the roots: these gain their life through root excretions, while the roots obtain their nutrients in organic form by microbes. Mycorrhiza and Nodule Bacterias are the expression of the closest sociability of micro and macroflora.

On the other hand, microflora forms the provision of a rich predatory micro and mesofauna.

The basis of soil fertility is, without any doubt, the organic matter, which in its humic form, reaches the highest efficiency as a coloidal component of soil. Nevertheless, the chemical, physical and biological properties of humus change with the soil and its different life. Humus is the subsistance of the Saprophytic microflora and fauna and thus, contributes definitively to the mellowness of tilth and CO production, both factors which improve crops. The inorganic plant nutrients suffer fundamental transformations by the microorganisms and, its assimilability, but chiefly its utilization in the plant depends on these transformations.

The importance of the mellowness of tilth is essential for the development of plant roots but also for the efficiency of commercial fertilizers, which depends on the development of roots as well as on their easy assimilability. A microbial test of crop soils is able to indicate the response and efficiency of commercial dressing.

All farming technics should be proved relative to its reaction on the biocenosis soil-plant-microorganism. The efficience of all physical or chemical methods of pest control, as burning, heating the soil, the use of herbicides, fungicides and bactericides, never may have a prolonged effect when allowed the continuation of the existing ecological conditions, which have provoked, and always will provoke again, the appearance of these unpleasant plants and microbes.

Especially the weeds of natural pastures are typical for a desfavourable ecological development. Here, in consequence of the exhaustion in nutrients, the hardening of the top soil and the negative selection by cattle, a different plant society is developping and with it a different society of microorganisms adapted to the new ecological conditions.

In the ecological view, plant pathogens gain a new aspect. Its alarming increase and its rapid adaptation to pesticides turn farming very venturous. Many fungi and bacterias have the quality of adaptation, being able, after a short time, to use most of the fungicides and bactericides as food.

Two factors may be enumerated as responsible for the diseases, attacking crops: The ocasional pathogens, as *Pseudomonas*, *Rhizoctonia*, a. s. o. only attack crops, when ecological conditions allow its uncontrolled multiplication. This occurs, when all other microorganisms of the former biocenosis do not find its subsistence, and when the plants suffer, moreover, the lack of an exactly definite mineral deficiency.

True pathogens, as *Puccinia graminis tritici*, a. o. which are confined to host plants, only may attack them, when these plants are struggling for their survival, because of adverse conditions, which always cause a defficient nutrient absorption.

This means that attacks of plant pathogens are the very expression of a disturbed ecological and nutritional equilibrium in the soil.

The importance of farmyard manure consists in its sanitary effect on soils and crops. As microbial food and part of the colloidal complex its presence in the soil is absolutely necessary, but it does not dispense mineral fertilizers for our high breeded crops.

The synthetic consideration of soil biocenosis gives the key to the real soil fertility and anables modern farmers to an intensive but relatively riskless managing. The biological balanced soil «buffers» irregularities of the pluvial regime. Commercial fertilizers react according to the law: the better the soil, the better its efficiency.

A high and steady crop production is not possible without the knowledge of soil life and soil genesis.

206

ÍNDICE DOS TEMAS

Ácaros, contrôle, 176
Ácido:
acético, 78, 96, 118, 189
benzóico, 87, 118, 189
butírico, 78, 96, 189
carbônico, 100, 132
fórmico, 78, 96, 189
fosfórico, 130
fúlvico, 85
giberélico, 172
glioxílico, 117
hipúrico, 117, 118, 191
húmico, 85, 86, 189
lático, 168, 189
nítrico, 75, 100
nitroso, 75, 100, 192
propiônico, 78
sulfúrico, 124, 131, 132
úrico, 117, 191
valeriânico, 96
Ácidos :
aminados, 23, 34, 36, 96
aniquilação, 79
decomposição, 96
diaminados, 96
graxos, 79, 97
nucléicos, 134
orgânicos, 78, 189
Acromobacter :
A. agile, 125
A. centroponctatum, 125
A. filefaciens, 125
A. hartlebii, 125
A. nitrovorum, 125
A. stutzeri, 125
Actinomicetos, 34, 49, 63, 64, 65, 68, 70, 74, 77, 81, 87, 119 122, 151, 170, 172, 173, 187, 188
Adubação :
comercial, 178
com estrume, 157, 158
efeito, 26
fosfato, 155, 178
inorgânica, 177
NPK, 129
orgânica, 28, 147, 149, 155, 171, 177
potássio, 129, 155, 179
química, 27, 28, 129, 130, 147, 150, 159, 171, 187
verde, 81, 102, 103, 125, 149, 150, 156, 175
Aerobacter, 123, 187, 188
Aer. aerogenes, 122
Agricultura :
moderna, conceito, 7
explorativa, 8
extensiva, 8
intensiva, 8, 15
químico-técnica, 158
subtropical, 156
tropical, 156
Agrobacter, 37, 159
Agrobacterium radiobacter, 108
Alantoína, 117
Alelopatias, 7, 24
Algas, 49, 57, 58, 59, 70, 87, 105
Algae anabaena, 105
fixação do nitrogênio, 59
Alumínio, 179
Amebas, 55
Amilobacter, 79
Amoníaco :
compostos de, 123
formação, 96, 97, 103, 191
oxidação, 101
Amônio, 81, 189, 192
Antibióticos, 31, 32, 62, 65, 131
Ar : Água, relação, 71
Arabinose, 86
Aração, 147, 148, 156, 177

Armilaria melea, 40
Arquimicetos, 62
Arsênico, 137
Arthrobotrys oligospora, 56
Ascomicetos, 41, 42, 62, 171
Aspergillus, 11, 60, 61
Asp. aericola, 99
Asp. fumigatus, 137
Asp. glaucus, 121
Asp. nidulans, 149
Asp. niger, 61, 79, 81, 121, 131, 134
Asp. ochraceus, 137
Asp. oryzae, 134
Asp. restrictus, 149
Asp. sydowi, 137
Atta cephalotes, 56
Atta sexdens, 56
Azotobacter, 36, 65, 70, 76, 95, 104, 105, 122, 123, 134, 135, 137, 159, 192
Az. agilis, 95
Az. chroococcum, 75, 87, 134
método da, 135

Bacilos, 87
Bacilos butíricos, 190
Bacillus asterosporus, 95
Bac. cereus, 99, 125, 187
Bac. freudenreichii, 191
Bac. irilpinus, 68
Bac. megatherium, 104, 120, 159
Bac. mesentericus, 77, 98, 169, 187, 191
Bac. mycoides, 98, 134
Bac. nitroxus, 124
Bac. pasteuri Miguel Chester, 118
Bac. polymyxa, 188
Bac. saccharobutyricus, 104
Bac. stutzeri, 68, 124
Bac. subtilis, 65, 77, 98, 169, 187, 191
Bac. thermophilus grigoni, 191
Bactérias, 50, 57, 58, 65
acidófilas, 168
aeróbias, 36, 68, 69, 145
alcalófilas, 169
amilolíticas, 188
anaeróbias, 68, 69, 145, 169
antagônicas, 172
autóctones, 65
autótrofas, 30, 50, 66, 81
comestibilidade, 33
contagem, 168
da terra, 65, 77
de putrefação, 68, 169
decompositoras da uréia, celulose,68
desnitrificantes, 68
ectógenas, 170
endógenas, 168
esporogênicas, 67, 95, 187, 188
fluorescentes, 68, 148, 159, 187
fungófagas, 173
gram-negativas, 39, 67, 159
gram-positivas, 67
grupos de, 67
heterótrofas, 30, 50, 66, 81
mico, 63, 81
mixo, 68, 77
não esporogênicas, 67, 68
nitrificantes, 177
noduladoras, 106
relação com pH, 74
saprófitas, 170
simbiontes, 105, 110, 135, 159
termófilas, 68, 81, 118, 191
vibriões dessulfuricantes, 68
zimogênicas, 65
Bact. beijerincki, 105
Bact. beijerincki Derx, 151
Bacterium globiforme, 176.
Bactericidas, 158, 176
Bacteriófagos, 33, 55, 111, 148
Bacteróides, 106, 110
Basidiomicetos, 41, 42, 56, 62, 171
Biocenose, 7, 15, 27, 34, 52, 175
equilíbrio da, 7
do solo, 10, 23, 24, 27, 28
Biogás, 190
Bodo caudatus, 54
Boletus amanita, 41
Bol. bovinus, 39
Bol. lactarius, 41

Boro, 106, 135, 137, 153, 178
Botrytis, 81, 99, 176
Brenzcatequina, 34
Brusone, 179

Cadeia alimentícia, 24
Calagem, 76, 83, 147, 150, 153, 156, 176, 179
Calcário, 178
Cálcio, 88, 106, 129, 134, 135, 179
carbonato de, 75
cianamida de, 119
lixiviação do, 75
Calcito biogênico, 57
Calda bordalêsa, 176
Cama ou liteira, 185, 186
Capacidade em reter água, 149
Capacidade de infiltração, 193
Capacidade de troca, 193
Carboidratos, 103, 107
decomposição, 78
fornecimento, 110
Carbono, reabsorção, 132
Carboxydomonas oligocarbophila, 82
Catalizadores, 137
Catíons, 86
Células :
hospedeiras, 43
intestinais, 43
normais, 43
Cellulomonas, 81
Cel. aurogenes, 122
Cel. biacotea, 122
Cel. flavigena, 189
Cel. rossica, 122, 189
Celulose, 33, 36, 63, 86, 87, 177, 185, 186
decomposição, 189
fermentação, 169
Cephalothecum roscum, 99
Cercospora musae, 176
Cercosporella herpotrichoides, 151, 175
Chlorella, 123
Chondromyces, 77
Chorume, 188
Cloreto de potássio, 178, 179
Cloro, 134, 135, 150
Clostridium, 95, 122, 123, 159, 171, 188
Cl. anaerobium, 122
Cl. butylicum, 77, 79, 104, 169, 188
Cl. lentoputrescens, 98, 119, 169, 187
Cl. omelianski, 189
Cl. pasteurianum, 79, 104, 105
Cl. sporogenes, 77, 119
Cl. tetani, 169, 171
Cl. werneri, 189
C : N, relação, 63, 82, 86
Cobalto, 134, 137
Cobre, 137, 151, 153, 155, 178, 179
Coccus, 186
Micro-, 66, 79, 119, 151
Myxo-, 77
Plano-, 66
Colembolos, 174, 176
Coleópteros, 176
Colheitas, depressão, 176
Colina, 34
Colpoda steinii, 54
Comatricha nigra, 59
Condições ecológicas, 34
Creatinina, 191
Cromobacterium violaceum, 33
Culturas,
ciclo vegetativo, 178, 179
intercaladas, 151, 177
proteção contra doenças das, 178
resistência, 26
rotação de, 152
susceptibililade às doenças, 179
Cunninghamella, 61, 134
Cylindrocarpon radicole, 34

Dactylaria brochopaga, 56
DDT, 176
Decomposição,
aeróbia, 82
anaeróbia, 82
Deficiências minerais, 155, 174, 179
Desenvolvimento radicular, 25
Desequilíbrio biológico, 157

Desnitrificação, 71, 123, 125, 147, 192
Dessulfurização, 131
Diplococcus pneumoniae, 95
Diplópodes, 174
Dry Farming, 103

Eberthella typhosa, 170
Ecologia, 27
  classificação, 51, 52
  vegetal, 17
  visão da, 13
Edafologia, 13
«Edaphon», 13, 14
Elaphomyces, 41
Elementos nutritivos, 72
Enchytraeidae, 56
Energia, 103
  liberada, 82
  suprimento, 29, 41
Enxôfre, 124, 130, 131, 132, 176
Enzimas, 34, 65, 118, 137, 167, 188, 189
Erysiphaceae, 179
Escherichia coli, 119, 122, 125, 168, 169, 187, 191, 192
Esporos, formação, 137
Esterilização, 158, 177
  pelo vapor, 157
Estreptomicetos, 159
Estrume, 81, 155, 157, 158, 159, 185, 186
  consistência, 187
  de curral, 11, 125, 156, 157, 158
  efeito, 187
  fermentação, 186
  formação de gases, 189
  frio, 186
  maturação, 187
  nitrificação do, 192
  perda em substâncias, 188, 192
  quente, 186
  transformação das substâncias minerais do, 192
  transformação de nitrogênio no, 191
  valor, 185
Euglenia, 55
Excreções radiculares, 34, 39

Fagos resistentes, 111
Fator genético, 67
Fenol, 189
Ferro, 134, 135
  assimilabilidade, 136
Fezes, 185
Ficomicetos, 42, 62, 171
Fitopatologia, 175
Fitosociedade, 16, 17, 18
Flavobacter denitrificans, 122, 125, 192
Flavobacter difusum, 122
Fomes anosusa, 40
Fomes lignosus, 40
Formigas toxicômanas, 56
Fósforo, 40, 87, 133, 149, 179, 185, 193
  assimilação, 134
  disponibilidade, 134
  inibição da absorção, 176
  mobilidade, 129, 193
  orgânico, 134
Fotossíntese, 193
Fungicidas, 26, 158, 175, 176, 177, 178
Fungi imperfecti, 42, 149, 171
Fungos, 13, 23, 32, 49, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 68, 70, 71, 74, 87, 129, 151, 158, 159, 160, 172, 174, 175, 176, 188
  crescimento dos, 137
  danosos, 179
  de açúcar, 41
  parasitas, 39, 61
  patógenos, 15, 175, 176
  predatórios, 61, 62
  proliferação danosa, 179
  relação, 172
  saprófitas, 39, 61
  simbióticos, 40
  termófilos, 187
Fusários, 36, 39, 43, 61, 62, 63, 172, 173, 174, 179
Fusarium heterosporum, 172
  F. lycopersici, 172
  F. oxysporum, 172
  F. radicicola, 171

Gado, doenças, 155
Galactose, 86
Gás carbônico, 30, 34, 67, 79, 100, 147
fontes, 81
formação, 79, 80
Gasteromicetos, 41
Germes, 167, 170
contagem, 167
Gibberella, 172
Gibberella fujikuroi, 172
Gleização, 153
Glicina, 118, 189
Glicose, 34, 86
Glomerella cingulata, 176
Graxas, decomposição, 170
Guanina, 119

Hemoglobina, 110
Herbicidas, 176
Heterodero radicola, 58
Heteroptera Scaptocoris talpa, 63
Hidrogênio, 190
formação, 82
Hidrogenomonas, 68
Hidrogenomonas agilis, 68
Hifomicetos, 62
Humificação, 87, 88, 186, 190
Humina, 82, 85
Humo, 40, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 135, 153, 156, 176, 178
ação biológica, 83
ácido, 155
acumulação, 88
benefícios do, 85
ciclo vital, 84
composição, 86
de reserva, 156
decomposição, 156
decomposição «explosiva», 82
decomposição lenta, 82
formação, 87
funções do, 85
importância, 87
qualidades, 86
Hydrogenomonas, 30

Incubação, 168
Inços, 154
eliminação, 155
pastoris, 154, 155
Infecção vegetal, 174
Inoculação, 65, 157, 158
com linhas puras, 159
condições, 160
da terra, 158
de solos e sementes, 159
Inseticidas, 30, 176, 177, 178
Insetos, 176

Lactobacilos, 169
Lactobacillus acidophilus, 168
L. bifidus, 168
L. bulgaricus, 168
L. helveticus, 168
Lactobacter, 170
Ley - farming, 153
Lignin fungi, 62
Lignina, 33, 63, 82, 87, 147, 185, 189
Lipases, 170
Lisina, 34
Lixiviação, 67, 86, 123, 175, 185, 193
Lumbricus terrestris, 57

Magnésio, 129, 134, 135, 151, 155, 178, 179
Mal de Panamá, 63
Manganês, 122, 123, 135, 178, 179
Manose, 34, 86
Matéria orgânica, 28, 37, 56, 57, 63, 67, 71, 72, 123, 131, 132, 148, 157, 169, 178, 179, 187, 193
decomposição da, 104
Melanospora, 149
Meloidogyne sp., 55
Mesofauna, 159, 174
divisão da, 53
empobrecimento, 153
forma, 52
Metano, 81, 189, 190

formação, 82
Metanomona metanica, 82
Micélios, 32, 43, 44
formação de, 61
Micodermes, 99
Micófagos, 177
Micorrizas, 36, 38, 39, 40, 57, 60, 61
ectótrofas, 42, 43
endótrofas, 42, 43
funções das, 43
perítrofas, 42
Micróbios, 167, 168
aeróbios, 71
atividades, 83
ectógenos, 168, 170
endógenos, 168
esporos, 71
frequência dos, 168
parasitas, 24
Microbiologia do solo, 10, 12, 15
Micrococcus ureae, 118
Microfauna, 49, 52, 53, 55, 56, 58, 88, 159, 174, 175, 176
ação recíproca com microflora, 33
divisão, 53
formas, 52
nadadora, 71
predatória, 55
saprozoonte, 56
Microflora, 49, 58, 88, 154
autóctone, 63, 145
da forragem, 167
do intestino, 167
desequilíbrio da, 177
desequilíbrio ecológico da, 176
com relação a latitude, 33
com relação ao solo, 33
recuperação da, 153
trófica, 16
Micropopul. equilíbrio ecológico, 158
Microrganismos, 157, 158, 159, 160, 167, 168, 174, 176
acidófilos, 75
anaeróbios, 119
atividade, 30, 78, 135
aumento dos, 177
autóctones, 76
autótrofos, 132
ciclo vegetativo dos, 71
citófagos ou planositas, 53
classificação ecológica, 49, 51
coprófilos, 53
desenvolvimento, 186
desequilíbrio, 158
do solo, 72, 77, 157
equilíbrio dos, 174, 179
exigências, 70
incentivação, 149
influência das atividades agrícolas sôbre, 147
influência das plantas sôbre o número de, 38
influência direta sôbre, 156
influência biológica, 156, 157
influência física, 156
influência química, 156, 157
não simbiontes, 104
número, 29, 53, 70, 71, 72
nutrição dos, 150
nutrientes necessários aos, 130
oscilação dos, 72
parasitas, 27
por grama de terra, 74
predatórios, 53
profundidade do solo em relação aos, 68, 69, 70
quantidade dos, 30, 68
recesso dos, 70
relação com as plantas, 37
saprófitas, 27
saprozoontes, 53
simbiontes, 77
temperatura, 73
termófilas, 159
transitórios, 65
umidade, 70
zimogênicos, 76, 77
Microspira desulfuricans, 133
Microvida, 157, 159, 160, 171, 178, 179
contrôle da, 56
desequilíbrio, 151
equilíbrio, 193
poliforme, 148

recesso da, 67, 71
zimogênica, 150
Mineralização, 82
Minhoca, 56, 57, 73, 79, 80, 159, 174
Mixomicetos, 171
Molibdênio, 122, 134, 135, 137, 153, 155
Moniliaceas, 99
Monoculturas, 26, 27, 39, 129, 151, 157, 158
Mononchus pappilatus, 55
Moluscos, 49
Mortierella, 177
Mucoraceaes sp., 42
Mucor mucedo, 60
Mucor racemosum, 121
Mulch system, 134
Mycobacterium tuberculosis, 170
Myxophyceaes, 58

Naegleria, 56
N : Cu, desequilíbrio, 175
Nematóides, 34, 37, 51, 56, 57, 58, 62, 159, 174, 187
NH_3 : CO_2, relação, 81
Nitratos,
assimilação de, 121
de amônio, 175
desnitrificação, 120
formação de, 96, 102
produção, 156
redução, 120
Nitrificação, 11, 71, 79
Nitritos,
formação, 100
oxidação, 101
Nitrobacter, 11, 30, 70, 75, 100, 101, 102, 158
Nitrogênio, 95, 124, 130, 149, 175, 179, 185, 187, 193
balanço, 103
déficit, 83
disponibilidade, 41
fixação bacteriana, 95
fixação pelo solo, 104
fixação por simbiontes, 105
fontes, 95
formação, 97
liberado, 177
redução, 122
transformação, 96
Nitrosocistis, 102
Nitrosococcus, 102
Nitrosomonas, 100, 102
Nit. europea winogradsky, 102
Nit. javanensis, 102
Nitrosospira, 102
Nocardia, 187
Nodulação,
formação, 108
inibição da formação, 108
processos, 107
tipos, 109
Nostoc calcicola, 104
Nostoc muscorum, 105
Nostoc punctiforme, 105
Nutrição vegetal, 26, 130, 150, 174
Nutrientes,
absorção de, 106, 145, 148
deficiência, 151, 178
orgânicos, 160
químicos, 160

Oligoquetas, 187
Oosporas, 99
Oospora lactis, 187
Oxigênio, 138
na microvida, 71
Oxima, 122.

Paecilomyces marquandii, 34
Pastoreio permanente, 153
Pastos, 88, 123, 152, 153, 169
inçados, 154
Parasitas, 51, 55, 57, 58, 61, 65, 107, 157, 158, 159, 171, 172
contrôle dos, 177, 178
fase saprófita, 175
Patógenos, 31, 32, 63, 65, 157, 170, 171, 172
combate, 173, 175

contrôle, 174, 175
morte, 170
obrigatórios, 179
ocasionais, 179
seus antagonistas, 170
Paudorina morum, 59
Pectina, 188
Penicillium, 11, 36, 42, 60, 81, 149, 177
P. acaulium, 99
P. brevicaule, 137
P, italicum, 63
P. notatum, 31, 61
P. piscarium, 34
P. vermiculatum, 149
pH, 24, 27, 34, 58, 74, 75, 86, 100, 101, 103, 106, 118, 124, 132, 135, 150, 159, 160, 169, 174, 178, 179, 193
alcalino, 65
redução, 75
Physalospora cydoniae, 176
Phytomonas, 174
Phytophthora, 172, 176
Phytophthora cactorum, 175
Phytophthora infestans, 177
Plantas, 36
alimentação contínua das, 175
decomposição, 37
desenvolvimento, 37
exigentes, 37
modestas, 37
recuperadoras, 37
Plectridium, 104
Poder-tampão, 27, 74, 75, 86, 87
Podsol, 171
Polyangium, 77
Potássio, 130, 134, 135, 149, 155, 179, 185, 193
Pousio, 151
Pratylen penetrans, 34
Protascus subuliforme, 56
Proteínas, 63, 123, 131, 185, 189, 191
decomposição, 96, 98, 99, 102
Proteus, 118, 119, 120, 123, 151, 169, 187
Proteus vulgaris, 98, 125, 192
Protozoários, 23, 29, 33, 49, 52, 54, 55, 56, 57, 70, 71, 148, 156, 167, 170, 177, 187
ciliados, 159, 187
cisto de, 55
flagelados, 159, 187
Pseudeurotium zonatum, 31
Pseudomonas, 66, 117, 119, 151, 169, 170, 174, 179, 187, 191
Ps. aeruginosa, 31, 33, 124, 125, 170
Ps. citri, 63
Ps. fluorescens, 79, 98, 119, 120, 134
Ps. fluorescens liquefaciens, 134
Ps. fluorescens putidus, 98, 119, 120
Ps. piocianea, 31
Pseudonocardia thermophila, 187
Puccinia graminis tritici, 179
Putrefação :
processos, 119
Pythium, 39, 43, 62.
Quebra-ventos, 153
Queimada, 156, 157
Radiobacter, 34, 36, 37
número, 35, 37
Raiz,
desenvolvimento, 25
respiração, 81
Relação, ar-água, 71
bactérias : fungos, 172
C : N, 63, 82, 83, 86, 103
fungos : nematóides, 56, 57
N : Cu, 175
Rendimento agrícola, 76, 178, 193
Respiração,
do solo, 38, 67, 81
fermento da, 135
vegetal, 70
Respirômetro, 30
Rhizobacter, 11, 65, 70, 77, 103, 106, 107, 108, 110, 111, 122, 160
linhagens de, 110
Rhizobium, 177
Rhizobium leguminosarum Frank, 106
Rhizobium radicicola Beijerinck, 106
Rhizoctonia, 36, 61, 62, 179

Rhizoctonia solani, 34, 39, 43, 62, 171, 174,
Rhizopogon, 41
Rhizopus nigricans, 60
Ribose, 86
Rizosfera, 23, 26, 33, 34, 36, 38, 39, 60, 151, 159
microvida na, 33
Rotações, 7
mistas, 152
Rotatórios, 159, 187.

Saccharomyces cerevisiae, 77
Salmonella enteriditis, 171
Salmonella cairo, 171
Saprófitas, 33, 65
Saprolegnia, 131
Saprozoontes, 33, 56, 57
Sárcinas, 66, 191
Selênio, 137
Semente, 178
Serratia marcescens, 119, 122
Serratia rosea, 122
Siderocapsa molisch, 136
Sideromonas, 136
Silicatos, 134
Simbiose, 39, 56
trófica, 23, 34
verdadeira, 107
Sociedades polífitas, 23
Sociologia vegetal, 15, 16, 17, 18
Sódio, 135, 150
Solos,
acidificação, 175
ácidos, 155, 172
alcalinização, 159
alcalinos, 155
arejamento, 147, 153
ativos, 136
biologia, 15
cansaço, 151
capacidade de retenção, 70, 159
condições químicas e físicas, 149
conservação, 15, 178
decadência, 27, 123, 146, 176, 178
desfloculação dos agregados, 24, 75
desequilíbrio estrutural, 129, 176
enxugamento, 148
equilíbrio, 175
estabilidade da estrutura, 27
estabilidade dos agregados, 75
estéreis, 26
esterilização física, 157
esterilização química, 158
estrutura, 37, 129, 148, 193
fertilidade, 7, 8, 12, 14, 56, 129, 130, 135, 148, 149, 152, 177
floculação, 23, 65, 145
fofice, 63, 145, 147, 171, 176, 177 178
fôrça-tampão, 124
higiene, 12, 171
inativos, 23, 123
influência das plantas sôbre, 16
inoculação, 157, 158
leves, 176
microvida do, 12
pantanosos, 133
pastoris, 155
patógenos no, 167
pobres, 176
pobreza em microflora, 155
poder-tampão, 27, 74, 75, 86, 87
queimados, 155
recuperação, 14, 73 177
refertilização, 159
resistência à sêca, 147
respiração de CO_2, 38, 67, 81
saturação relativa em água, 70
saúde, 67, 178
secamento gradativo, 157
umidade, 70, 135, 155
uso, 147
valor cultural, 23, 145
vida, 13, 26
volume ativo, 23
Spirillum, 66
Spirillum desulfuricans, 133
Sporotrichum sp., 187
Sporovibrio desulfuricans, 133
Streptococcus, 168, 186, 191
Streptococcus bovis, 168

Streptococcus equinus, 168
Streptococcus faecalis, 168
Streptococcus inulinaceus, 168
Streptococcus liquifaciens, 168
Streptococcus mesenterioides, 169
Streptomyces, 173, 187
Streptomyces albus, 104
Streptomyces cellulosae, 122
Streptomyces diastaticus, 122
Streptomyces griseus, 62, 64, 122
Streptomyces parvus, 122
Streptomyces scabies, 122, 132, 173
Striga senegalensis, 62
Substâncias tóxicas,
  decomposição, 30
Sulfato de amônio, 57
Sulfato de cobre, 175
Sulfato de Magnésio, 150
Sulfurização, 131
Synchytrium endobioticum, 173

Teoria de Smith, 8
Thiobacillus denitrificans, 68
Thiobacillus thiooxidans, 52, 132
Thiobacillus thioparus, 132
Thiobacter, 30, 132, 134
Thiobacter denitrificans, 124
Thiobacter thiooxidans, 74, 131
Tirosina, 34
Tóxicos, 34, 36, 107, 176, 177
Toxinas, 34, 36
Traqueomicose, 174
Trichoderma, 36, 81, 134, 149, 177
Trichoderma lignorum, 31, 61, 63
Trichoderma viride, 31, 62, 158, 173
Troca-adsorção, 86
Tuberales, 41
Turfa, 71, 147, 186

Umidade, 135, 155
  ascenção da, 156
Uréia, 101, 117, 187, 191
  decomposição, 117
Urina, 185, 186
Urobacillus pasteurii, 68, 118
Urobacter, 117.

Vahlkampfia soli, 54
Vegetação forrageira, 152
Vegetal,
  associação, 155
  cobertura, 37
  doenças do, 176
  gasto em água, 130
  metabolismo, 130
  nutrição contínua, 193
  resistência a patógenos, 171
  saúde, 34, 177, 178, 193
Vermes, 49
Verticillium, 43
Vinhaça, 159
Virus, 171, 179
Vitamina B^{12}, 55
Vitaminas, 34, 36, 131, 137.

Xilose, 34.

Zimogênicos, 65, 76
Zinco, 137, 138.

Ed. Pallotti
Santa Maria - R.G.S.
- Brasil -